

Année 2022

N° 3785

**Perception des étudiants sur l'utilisation des systèmes  
CAD-CAM en prothèse fixée dento-portée :  
revue systématique**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE  
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*Présentée  
et soutenue publiquement par*

**LEANDRE Corysande**

Le 31/01/2022 devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur Laurent LE GUEHENNEC

Assesseur : Madame le Professeur Serena LOPEZ

Assesseur : Madame le Docteur Pauline BLERY

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Pierre LE BARS



UNIVERSITE DE NANTES	
<u>Président</u> Pr BERNAULT Carine	
	
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
<u>Doyen</u> Pr SOUEIDAN Assem	
<u>Assesseurs</u> Dr GAUDIN Alexis Pr LE GUEHENNEC Laurent Pr LESCLOUS Philippe	
	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	
Mme ALLIOT-LICHT Brigitte M. AMOURIQ Yves Mme CHAUX Anne-Gaëlle M. LABOUX Olivier	Mme LOPEZ Serena Mme PEREZ Fabienne M. WEISS Pierre
PROFESSEURS DES UNIVERSITES	
M. BOULER Jean-Michel	
MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES	
Mme VINATIER Claire	
PROFESSEURS EMERITES	
M. GIUMELLI Bernard	M. JEAN Alain
ENSEIGNANTS ASSOCIES	
M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)	M. BANDIAKY Octave (Assistant Associé)
Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)	
MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES C.S.E.R.D.
M. AMADOR DEL VALLE Gilles Mme ARMENGOL Valérie Mme BLERY Pauline M. BODIC François Mme CLOITRE Alexandra Mme DAJEAN-TRUTAUD Sylvie M. DENIS Frédéric Mme ENKEL Bénédicte M. HOORNAERT Alain Mme HOUCHMAND-CUNY Madline Mme JORDANA Fabienne M. LE BARS Pierre M. NIVET Marc-Henri M. PRUD'HOMME Tony Mme RENARD Emmanuelle M. RENAUDIN Stéphane M. STRUILLOU Xavier M. VERNER Christian	M. ALLIOT Charles Mme ARRONDEAU Mathilde Mme CLOUET Roselyne M. EVRARD Lucas M. GUIAS Charles M. GUILLEMIN Maxime Mme HASCOET Emilie Mme HEMMING Cécile M. HIBON Charles M. KERIBIN Pierre Mme OYALLON Mathilde Mme QUINSAT Victoire Eugenie M. REMAUD Matthieu M. RETHORE Gildas M. SERISIER Samuel Mme TISSERAND Lise
PRATICIENS HOSPITALIERS	
Mme DUPAS Cécile	Mme HYON Isabelle

01/09/21

*Par délibération, en date de 6 Décembre 1972, le Conseil de la faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.*

## **REMERCIEMENTS**

**À Monsieur le Professeur Laurent LE GUEHENNEC**

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Chef du Département de Prothèses

- Nantes -

*Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury,*

*Merci de votre écoute et de votre disponibilité*

*Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon respect.*

**À Monsieur le Docteur Pierre LE BARS**

Maître de Conférence des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Département de Prothèses

- Nantes -

*Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse,*

*Merci de votre écoute, votre soutien et de vos conseils lors de la rédaction de ce travail.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de mon respect.*

**À Madame le Professeur Serena LOPEZ**

Professeur des Universités

Praticienne Hospitalière des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Chef du Département d'Odontologie Pédiatrique

- Nantes -

*Pour m'avoir fait l'honneur de siéger dans ce jury,*

*Merci de votre gentillesse et de votre bienveillance.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

**À Madame le Docteur Pauline BLERY**

Maître de Conférence des Universités

Praticienne Hospitalière des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Département de Prothèses

- Nantes -

*Pour m'avoir fait l'honneur de siéger dans ce jury,*

*Merci de votre gentillesse, de votre bienveillance et de votre sens pédagogique.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*À Monsieur le Docteur Octave Nadile BANDIAKY*

*Assistant associé*

*Département de Prothèses*

*- Nantes -*

*Merci de ta gentillesse, ton soutien, tes précieux conseils, tes explications indispensables*

*Trouve ici l'expression de mon éternelle reconnaissance.*

## Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>12</b>
<b>1. Généralités sur les empreintes</b>	<b>14</b>
1.1. Formation traditionnelle des CD : description des matériaux et techniques	14
1.1.1. Matériaux (composition, propriétés, indications)	14
1.1.2. Techniques d'empreintes conventionnelles	20
1.2. Présentation des systèmes CAD/CAM	22
1.2.1. Définitions et principe	23
1.2.2. Les types de CFAO dentaire	24
1.2.3. Avantages et inconvénients	25
1.2.4. Indications	25
<b>2. Revue systématique sur la perception des étudiants sur l'utilisation des systèmes CAD-CAM en prothèse fixée dento-portée</b>	<b>26</b>
2.1. Introduction	26
2.2. Matériel et méthodes	27
2.3. Résultats	29
2.3.1. Sélection d'études	29
2.3.2. Caractéristiques des études incluses	32
2.3.3. Résultats principaux	34
2.3.4. Risque de biais	37
2.4. Discussion	38
2.5. Conclusion	40
<b>Index des illustrations</b>	<b>41</b>
<b>Index des tableaux</b>	<b>41</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>42</b>

## Introduction

Classiquement, la formation initiale des chirurgiens-dentistes en France débute par une première année commune aux études de santé (P.A.C.E.S.). Cette année est partagée avec les autres filières médicales et un concours classant se déroule à son issue. Par la suite, il y a les deuxième et troisième années des études qui sont pré-cliniques et constituent le premier cycle de la formation. Ces années sont consacrées à l'enseignement théorique de l'anatomie de la sphère oro-faciale, des pathologies qui la concernent, de connaissances scientifiques générales (comme l'embryologie, l'histologie), des disciplines fondamentales en chirurgie dentaire (tel l'odontologie conservatrice, la prothèse, la parodontologie, etc.), ainsi qu' à des travaux pratiques sur des fantômes en laboratoire avant de démarrer la pratique clinique sur des patients.

Puis, il y a un second cycle de quatrième et cinquième année durant lequel se poursuit l'enseignement théorique et pratique et auquel s'ajoute la pratique clinique. Durant ces années, les étudiants s'exercent à pratiquer l'art dentaire sur des patients à l'hôpital sous la surveillance de leurs enseignants. Lors de ce cycle, les étudiants sont encouragés à améliorer leur approche diagnostique et leurs compétences pratiques, à apprendre à hiérarchiser et planifier leurs thérapeutiques, et à approfondir leurs connaissances globales dans un but de gestion libre et autonome en fin de formation. A l'issue de ce second cycle, les étudiants reçoivent un certificat (le Certificat de Synthèse Clinique et Thérapeutique) validant leur niveau de compétence.

Dernièrement, le troisième cycle, quand il est court, dure une année. Il permet à l'étudiant de se préparer à l'exercice autonome grâce à des stages en cabinet libéral et des cours abordant des notions de comptabilité, de gestion et d'économie de la santé. Les étudiants peuvent aussi choisir un troisième cycle long s'ils sont classés en rang utile à l'examen de l'internat et atteindre ainsi un niveau de spécialisation plus important dans une des disciplines proposées.

La durée de la formation varie selon les pays en Europe. En Suisse, l'équivalent du diplôme de chirurgie dentaire est le "Bachelor en médecine dentaire" et le "Master en médecine dentaire". Les première et deuxième années sont communes au "Bachelor en médecine humaine" et la troisième année du Bachelor diverge avec des enseignements centrés sur l'écosystème buccal, le développement du complexe oro-facial, les mesures de prévention et de thérapie étiologique. Les quatrième et cinquième années correspondent au "master" et intègrent l'activité clinique superposée à l'enseignement théorique des disciplines fondamentales en médecine dentaire. A l'issue de ces cinq ans d'études, les étudiants doivent passer l'examen fédéral en médecine dentaire pour valider leurs compétences.

En Grande-Bretagne, en Irlande, en Australie le diplôme équivalent pour devenir dentiste est le “Bachelor of Dental Surgery” (BDS). Il faut cinq ans pour l’obtenir. Les stages en cliniques et dans les hôpitaux auprès de patients commencent entre la première et la troisième année selon les universités et il y a possibilité pour les étudiants de se spécialiser avec des “masters” dans différentes disciplines suite à leur formation initiale s'ils le souhaitent.

Aux Etats-Unis, les écoles dentaires n’admettent des étudiants qu’après au moins trois ans d’études universitaires, de préférence dans le domaine des sciences et un test d’admission. Puis, il y a quatre ans de formation qui confèrent le DDS (“Doctor of Dental Surgery”) ou DMD (Doctor of Medicine in Dentistry). Les études se divisent en deux premières années d’enseignement théorique et deux dernières années de pratique clinique.

En conclusion, il y a une disparité concernant la formation des chirurgiens dentistes au niveau mondial. Cette disparité concerne le niveau d’étude, la durée et le contenu de la formation selon les pays. Concernant l’enseignement des empreintes en prothèse, l’ouverture récente aux techniques numériques assistées d’un ordinateur augmente le champ de l’enseignement en odontologie.

Pour ce qui est des matériaux dentaires conventionnels, historiquement, les premières empreintes étaient réalisées avec de la cire et sont apparues au début du 19ème siècle (1). En effet, Gariot en 1805, qui enregistre des occlusions avec de la cire, peut être mentionné, ainsi que Maggiolo en 1807 qui fait des moulages fractionnés pour les situations dentaires complexes. En ce qui concerne les porte-empreintes, l’idée de leur utilisation vient de Delabarre qui l’a évoqué en 1820 et de Maury qui l’a illustré en 1825. Dès lors, les porte-empreintes seront utilisés par tous les dentistes. Les empreintes en plâtre sont introduites par Harris en 1863 (2). Et les alginates alimentaires, quant à elles, sont découvertes par Norman Kingsley Stanford vers 1880. La notion de prise d’empreinte avec des matériaux n’est donc pas nouvelle. Depuis, ces matériaux se sont améliorés avec l’ajout d’adjuvants, de plastifiants et d’autres produits pouvant altérer leurs propriétés en fonction de leur utilisation dans l’art dentaire.

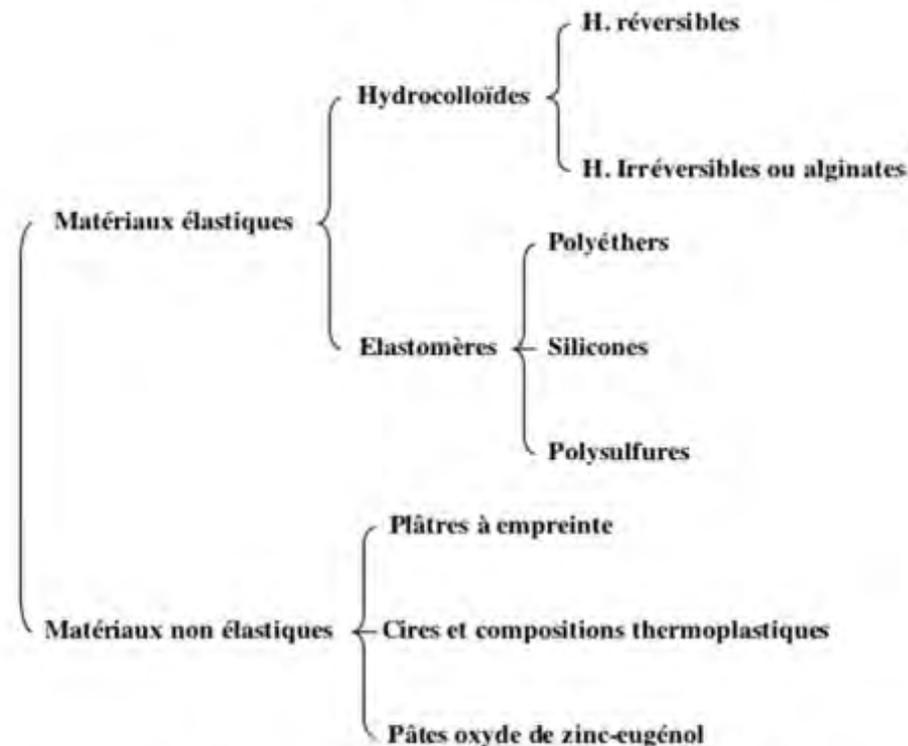
Dans un premier temps nous passons en revue les matériaux et les techniques traditionnelles utilisées pour les empreintes. Puis dans un second temps la technique CAD/CAM est présentée.

# 1. Généralités sur les empreintes

## 1.1. Formation traditionnelle des CD : description des matériaux et techniques

### 1.1.1. Matériaux (composition, propriétés, indications)

Dans cette partie, les matériaux dentaires vont être présentés. Ils sont classés selon leur nature et leurs propriétés (cf. fig. 1).



(67) WJ O'Brien. *Dental materials and their selection*. Quintessence Publishing Co., 1997 : 421 p.

Figure 1 : Classification des matériaux dentaires (3)

- Plâtre

Le plâtre provient du gypse ou dihydrate de sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ). Ce dihydrate est transformé en héli-hydrate de sulfate de calcium par déshydratation. Puis, cet héli-hydrate est mélangé avec de l'eau (60-70% du poids) pour obtenir le produit qu'on utilise en laboratoire ou en bouche (4). Ce matériau a de faibles propriétés mécaniques. Par conséquent, il est surtout utilisé pour la coulée de modèles ou la prise d'empreinte primaire statique chez un édenté total.

- Pâtes ZOE

Elles sont obtenues par le mélange de pâte d'eugénol (rouge) et de pâte d'oxyde de zinc (blanche). Elles existent en plusieurs viscosités qui affectent leur incidence compressive sur les tissus muqueux (4). Les pâtes ZOE (cf. fig. 2) sont hydrophiles, de faible viscosité et ont une absence d'élasticité permettant une stabilité dimensionnelle, mais ne permettant pas d'enregistrer les zones dentées ou avec d'importantes contre-dépouilles. Ce type de matériau est indiqué pour l'enregistrement dynamique chez l'édenté complet, la stabilisation des bases d'occlusion, complémentaire ou correctif d'une empreinte secondaire en prothèse adjointe.



*Figure 2 : Empreinte avec de la pâte oxyde de zinc / eugénol (4)*

- Compositions thermoplastiques (pâte de kerr, stent's)

Elles existent sous différentes formes : mélange de résines, plastifiants, charges inertes et colorants. Elles se ramollissent à la chaleur et leur viscosité varie entre 45 et 55°C (4). Étant donné qu'elles sont de très haute viscosité, elles sont mal adaptées pour enregistrer les détails. Elles sont indiquées pour l'enregistrement du joint périphérique des empreintes secondaires (cf. fig. 3) en prothèse adjointe ou pour aménager des porte empreintes.



*Figure 3 : Réalisation de joint périphérique sur porte-empreinte individuel à la "pâte de kerr" (4)*

- Hydrocolloïdes réversibles

C'est un gel d'agar-agar qui provient d'un polymère du D-galactose, qui lui même provient d'une algue rouge. Le gel est combiné avec l'eau et selon sa concentration se liquéfie entre 71 et 100° et redevient un gel entre 30 et 50°(4). L'empreinte est prise avec un porte-empreinte à circulation d'eau (cf. fig. 4) pour entraîner une gélification de l'hydrocolloïde et ainsi permettre qu'il soit retiré de la bouche.

Ils sont très fluides et peu compressifs donc efficaces pour enregistrer les limites prothétiques supra-gingivales mais sont fragiles donc ne supportent pas des limites sous-gingivales profondes et de fortes zones de retrait. Leur utilisation est très limitée aujourd'hui et est largement remplacée par les élastomères.



*Figure 4 : Empreinte aux hydrocolloïdes dans un porte-empreinte à circulation d'eau (4)*

- Hydrocolloïdes irréversibles

L'alginate vient d'une algue brune. La poudre d'alginate est composée de sels alcalins (sodium et potassium) et d'acide alginique constitué d'acide D-mannuronique et L-glucuronique. La prise se fait par un mélange de poudre et d'eau. Le rapport poudre/eau conditionne la stabilité dimensionnelle du matériau et influence la résistance à la compression et la déformation (5). La résistance au déchirement des hydrocolloïdes irréversibles est plus faible que celle des élastomères. C'est un matériau qui se contracte en perdant de l'eau à l'air libre et se dilate en milieu immergé. Il a une précision de 20µm qui peut être conservée pendant une heure. Les hydrocolloïdes irréversibles sont classés selon leur capacité à enregistrer les détails (6). Les alginates de classe A sont indiqués pour les couronnes et inlays. Les alginates de classe B (traditionnels) sont indiqués en prothèse adjointe partielle. Les alginates de classe C, quant à eux, sont indiqués pour la réalisation de modèles d'études ou antagonistes (cf. fig. 5).



*Figure 5 : Empreinte aux alginates (4)*

- Elastomères de silicone

Ce sont de longues chaînes macromoléculaires dans lesquelles s'alternent silicium et oxygène. Les liaisons chimiques forment un squelette inorganique très flexible conférant une stabilité thermique et une inertie chimique au matériau (4).

Il existe des polydiméthylsiloxanes, ou silicones par condensation (silicones C) qui sont beaucoup moins utilisés dans un cadre clinique et dont les propriétés sont surpassées par les silicones A.

Les polyvinylsiloxanes (silicones A), ou silicones par polyaddition se caractérisent par une polymérisation et l'ouverture des doubles liaisons sous l'action d'un catalyseur mélangé à une base. Le matériau mélangé a une grande stabilité dimensionnelle du fait de l'absence de sous-produit et de la densité des liaisons covalentes. Les silicones A sont également hydrophobes du fait d'un grand nombre de charges. Ils existent en plusieurs consistances : fluide (light), normale (regular), épaisse (putty).

Les polyvinylsiloxanes sont indiqués pour enregistrer les préparations en prothèse fixée (cf. fig. 6). Ils sont bien adaptés pour la technique du double mélange et la "wash technique".



*Figure 6 : Empreinte en double-mélange avec des polyvinylsiloxanes (4)*

- Elastomères Polysulfurés (ou thiocols)

La base est une pâte blanche constituée d'un polymère sulfuré possédant des radicaux thiols, des charges et des plastifiants. Le catalyseur est une pâte brune contenant du dioxyde de plomb, de l'oxyde de cuivre hydraté, du soufre, des charges, et des plastifiants. La réaction de prise suite au mélange des deux pâtes est une polymérisation suivie d'une réticulation. Cette réaction libère des molécules d'eau par condensation des chaînes macromoléculaires. Le temps de prise est long et s'accélère en présence d'eau. Les polysulfures ont une grande élasticité, leur permettant de franchir les contre-dépouilles, mais une recouvrance élastique plus faible que les autres élastomères. Ils sont indiqués pour les enregistrements muco-dynamiques de surfaces en prothèse adjointe partielle et totale (cf. fig. 7).



*Figure 7 : Empreinte secondaire de prothèse totale réalisée avec des polysulfures (permlastic®) (4)*

- Elastomères Polyéthers

Les plastomères de la base sont composés de copolymères polyéthers de bas poids moléculaires comportant des groupements éthylène-imines terminaux, des charges, des plastifiants et pigments. Le catalyseur est composé d'un agent de réticulation, de charges, plastifiants et pigments. Le mélange automatique de la base et du catalyseur provoque une ouverture des cycles éthylène-imine et une réticulation des chaînes macromoléculaires. Les polyéthers sont hydrophobes mais relativement plus hydrophiles que les silicones, donc permettent une meilleure reproductibilité des surfaces. Ils perdent du poids par évaporation à l'air libre donc ils doivent être stockés à sec (7). Ce sont des matériaux rigides qui peuvent être coulés deux à trois fois sans perdre de précision. Ils sont indiqués en prothèse conjointe pour l'enregistrement des préparations cavitaires et périphériques et en prothèse supra-implantaire.

### 1.1.2. Techniques d'empreintes conventionnelles

- En un seul temps, monophasé (cf. fig. 8)

Le principe de cette technique d'empreinte est d'utiliser un seul matériau de viscosité moyenne en un temps (8). Il y a une phase de charge du porte-empreinte, suivie de l'insertion en bouche puis la phase de prise.

L'avantage de cette technique est qu'elle est rapide et simple à mettre en œuvre. L'inconvénient est qu'il s'agit d'une technique peu compressive (le risque de défaut d'enregistrement est plus élevé) donc elle est indiquée pour les préparations périphériques supra ou juxta gingivales et les empreintes implantaires.

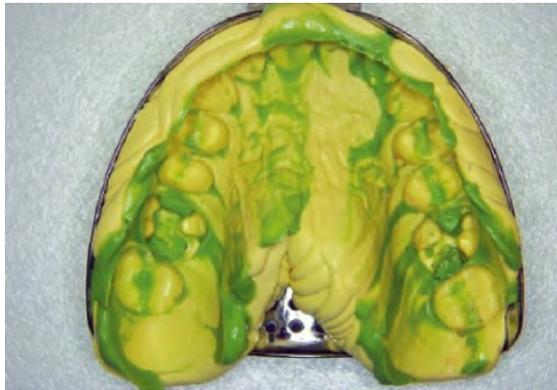


*Figure 8 : Répartition d'élastomère (pentamix®) dans un porte-empreinte*

*avec un distributeur automatique (8)*

- Technique du double mélange : un temps, deux viscosités (cf. fig. 9)

Il s'agit de mélanger deux matériaux de même nature mais de viscosités différentes et d'insérer le porte-empreinte une seule fois en bouche. Le matériau de haute viscosité assure un soutien et une compression afin que le matériau plus fluide enregistre les détails plus fins. L'avantage de cette technique sont sa rapidité et l'obtention d'une surface précise. Ses inconvénients sont qu'elle nécessite une aide-opérateur, le risque de tirage qu'elle encourt et qu'elle est plus difficile à réaliser quand il y a de nombreuses préparations (8). Elle est indiquée pour les préparations périphériques supra et juxta-gingivales, voire intra-sulculaires si l'accès aux limites est optimisé, les préparations cavitaires, les fortes contre-dépouilles, en présence de piliers unitaires multiples et divergents et dans le cas de dents mobiles (si les dents sont très mobiles, le choix peut s'orienter vers une viscosité plus moyenne).



*Figure 9 : Empreinte double-mélange aux silicones (8)*

- “Wash technique”( ou technique de rebasage) : deux temps, deux viscosités (cf. fig. 10)

Le premier temps consiste à enregistrer en faisant une première empreinte avec un matériau de haute ou très haute viscosité. Une fois cette première empreinte prise, elle est aménagée en éliminant les contre-dépouilles et les languettes interdentaires. Dans un deuxième temps, cette empreinte est chargée d'un matériau fluide de basse viscosité qui enregistre avec précision les surfaces. Les avantages résident dans l'effet compressif, la précision, l'adaptation à presque tous les cas et la limitation des tirages. Les inconvénients représentés par le risque de déformation en présence d'un mauvais repositionnement et par la longueur de la séance. Elle est indiquée pour les préparations périphériques sous-gingivales, pour un ou plusieurs piliers.

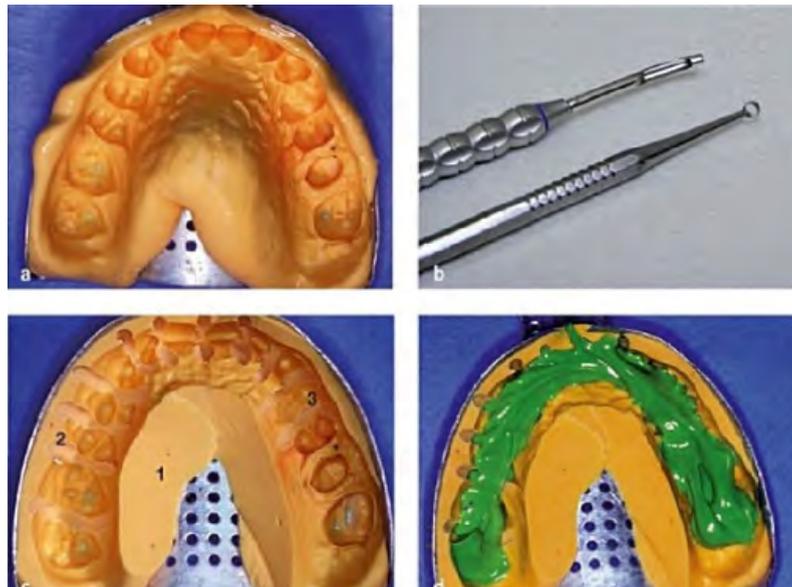


Figure 10 : Empreinte aménagée avec des couteaux à événements (8)

## 1.2. Présentation des systèmes CAD/CAM

### Historique :

Les systèmes CAD/CAM (*Computer-aided designing/Computer-aided manufacturing*), ou CFAO (*Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur*), ont été introduits en 1985 avec la création du système CEREC (“Chairside Economical Restorations of Esthetic Ceramic” ou “restaurations en céramique esthétique économiques au fauteuil”), qui avait pour but de permettre aux dentistes de prendre des empreintes optiques et de réaliser une ou plusieurs restaurations céramiques au fauteuil (9). Depuis, d’autres systèmes d’acquisition d’images numériques ou scanners optiques ont été mis sur le marché, tels que Lava C.O.S. (“Lava Chairside Oral Scanner”), iTero, E4D et TRIOS (10). Ces scanners optiques ont montré leurs performances en termes d’efficacité pour les praticiens et de confort pour les patients (11–16).

### 1.2.1. Définitions et principe

Les systèmes CAD/CAM, ou CFAO regroupent deux notions : celle de conception par ordinateur (CAD ou CAO) et celle de fabrication (CAM ou FAO).

La CAO consiste à l'acquisition de données d'empreintes, à la numération par un scanner, puis à la réalisation d'un projet prothétique sur le modèle virtuel obtenu (8).

La FAO, quant à elle, consiste à la transmission des données de la CAO à un logiciel qui commande une machine qui va exécuter le travail par stéréolithographie (fabrication de maquettes en résine polymérisées au laser), par prototypage rapide (maquettes en cire projetée) ou par usinage (fabrication d'éléments en céramique ou métal) (17).

L'acquisition des données tridimensionnelles se fait par lecture optique correspondant à une mesure de déformation. Le principe est de projeter un rayonnement lumineux appelé "rayonnement incident" dont les caractéristiques sont connues. L'objet éclairé réfléchit une partie de ce rayonnement qui est mesurée par une caméra photosensible (cf. fig. 11). Il y a une conversion de ces mesures en données numériques par un système de traitement d'images.

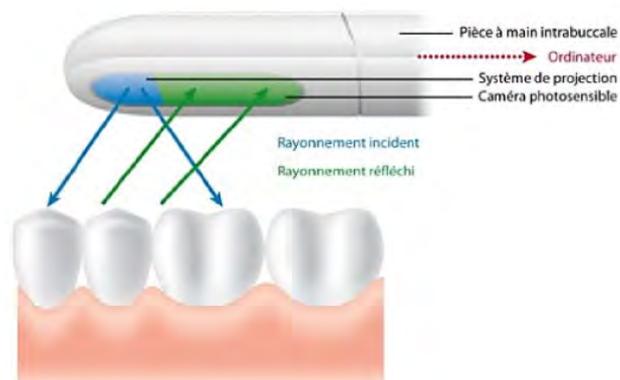


Figure 11 : Principe de l'empreinte optique (8)

### 1.2.2. Les types de CFAO dentaire

CFAO directe : Elle permet au praticien de réaliser l’empreinte optique, la numériser et fabriquer la prothèse dans la même séance au cabinet. L’avantage est de pouvoir poser cette prothèse le jour-même. Cette méthode est possible avec les systèmes CEREC® (Sirona™) et E4D® (D4D technologies™) (8).



*Figure 12 : Centre Cerec® d’usinage utilisé en laboratoire (8)*

CFAO semi-directe : Tout comme dans la méthode précédente, le praticien prend une empreinte numérique de la bouche du patient. Cependant, les données sont envoyées dans un centre délocalisé qui fabriquera la prothèse. Cette méthode est réalisée avec les systèmes Lava COS® (3M ESPE™), Cerec Connect® (Sirona™), iTero® (Cadent™), et 3Shape™.



*Figure 13 : Caméra 3shape (18)*

CFAO indirecte (technique mixte avec l’empreinte conventionnelle) : Avec cette méthode, le praticien fait une empreinte conventionnelle qui est envoyée au laboratoire puis scannée pour fournir des données à la FAO permettant une fabrication de la pièce délocalisée. Il y a de très nombreux systèmes pour cette technique dont Nobel Procera®, Kavo Everest®, Cynoprod®, qui sont à l’usage exclusif des laboratoires.

### 1.2.3. Avantages et inconvénients

L’empreinte optique a l’avantage d’être précise (15 à 30µm) (19). Elle est inaltérable et indéformable. Elle est aussi peu encombrante à stocker avec une ergonomie, due aux protocoles d’acquisition courts, permettant le confort du patient et l’efficacité du praticien. Elle apporte un gain de temps, en particulier dans la cas de la CFAO directe où le patient ne se déplace qu’une seule fois. L’empreinte optique permet une clarification dans le rapport praticien/prothésiste en ce qui concerne la qualité de l’empreinte et son exploitation. Il y a également un avantage écologique et une absence de risque de contamination croisée.

Malgré tout, cette technique a quelques inconvénients comme son coût, mais aussi elle ne dispense pas de s’assurer de l’accès aux limites prothétiques ou juxta-gingivales, d’autre part les possibles contraintes d’engagement avec une même entreprise pour toutes les étapes (système fermé).

### 1.2.4. Indications

L’empreinte optique peut être indiquée pour tous les types de préparations (tant que l’accès aux limites est parfaitement réalisé), cependant elle est contre-indiquée pour les inlay-cores car on ne peut pas lire le canal mis en forme.

## **2. Revue systématique sur la perception des étudiants sur l'utilisation des systèmes CAD-CAM en prothèse fixée dento-portée**

### **2.1. Introduction**

Concernant les systèmes CAD/CAM, leur utilisation comme moyen de prise d'empreintes chez les étudiants demeure encore très peu documentée. En effet, il manque d'investigations qui évaluent la perception des étudiants sur l'usage de ces scanners en prothèse fixée (20,21). Hors, il existe une différence d'expérience entre le praticien et l'étudiant qui peut influencer l'efficacité, la préférence et la facilité à réaliser ces empreintes (22,23). La perception du clinicien ayant une expérience plus vaste avec une ou deux des méthodes de prise d'empreintes n'est donc en aucun cas comparable à celle des étudiants en dentaire.

Classiquement, dans l'enseignement de la prothèse fixée, les étudiants sont formés durant leur cursus à la manipulation des matériaux et à la réalisation d'empreintes conventionnelles sur des modèles pédagogiques. L'objectif de cet enseignement est de leur apprendre les bases fondamentales de la dentisterie classique ou mieux encore de les préparer à l'exercice omnipratique. Cependant, compte tenu des progrès réalisés dans le domaine de la dentisterie numérique, les étudiants de la génération actuelle sont très ouverts à l'utilisation des nouvelles technologies et s'attendent à expérimenter celles-ci comme adjuvants aux méthodes conventionnelles d'apprentissage (24). A notre connaissance, il n'y a aucune revue systématique qui compare l'utilisation des systèmes CAD-CAM aux techniques d'empreintes conventionnelles chez les étudiants inexpérimentés. Ainsi, l'objectif de cette revue est de réaliser une synthèse des données des études comparatives évaluant la perception des étudiants en dentaire sur la réalisation d'empreintes conventionnelles comparées aux empreintes optiques en termes de facilité, de préférence et de temps d'apprentissage. Cela nous permettra d'analyser l'apport d'un enseignement des systèmes CAD/CAM chez les étudiants lors de leur formation préclinique, cet enseignement n'étant pas ubiquitaire à ce jour malgré la familiarité grandissante des étudiants avec les nouvelles technologies.

## 2.2. Matériel et méthodes

### **Protocole et enregistrement**

Le protocole a été enregistré dans le registre prospectif international des revues systématiques (PROSPERO) ([http:// www.crd.york.ac.uk/PROSPERO](http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO)) sous le numéro “CRD42020221581”. Les recommandations de PRISMA (25) (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and meta-analyses) ont servi de support et de guide dans la conduite de cette revue.

### **Critères de sélection et conception de l'étude**

Les trois questions ayant orienté notre recherche ont été structurées selon le modèle “*Population, Intervention, Comparator, Outcome, Study design*” (PICOS) : les étudiants inexpérimentés éprouvent-ils plus de facilité à utiliser les systèmes de scanners optiques pour la prise d'empreintes numériques par rapport à la réalisation d'empreintes conventionnelles (PICO 1)? “Quelles sont les préférences des étudiants en dentaire entre les techniques d'empreintes conventionnelles et numériques (PICO 2)? Est-ce que la formation des étudiants du premier cycle pour l'utilisation de matériaux d'empreintes conventionnelles requiert moins de temps comparé à celle pour l'utilisation de systèmes de scanners intra-oraux ( PICO 3) ?.

### **Critères d'inclusion**

Les études comparatives ou randomisées contrôlées pour lesquelles les investigateurs évaluent l'utilisation des systèmes CAD-CAM et des techniques d'empreintes conventionnelles chez les étudiants en dentaire inexpérimentés ont été incluses dans cette revue. De même, les études cliniques comparant le temps nécessaire pour former les étudiants à l'utilisation des scanners optiques et des matériaux d'empreintes ont été aussi retenues.

### **Critères d'exclusion**

Les articles issus des études sans données disponibles, les revues de littérature ou les méta-analyses portant sur le sujet, les études concernant les praticiens expérimentés, portant sur des réhabilitations amovibles, implanto-portées ou des soins orthodontiques et les publications doubles ont été exclues de cette analyse.

### **Interventions et résultats d'études**

Les interventions étudiées étaient la réalisation d'empreintes conventionnelles et optiques, ainsi que la formation des étudiants à l'utilisation des systèmes CAD/CAM et des matériaux à empreinte.

Dans ce contexte, les étudiants font à la fois partie du groupe contrôle et du groupe expérimental, la différence entre ces deux groupes étant l'utilisation de la méthode numérique dans l'un et conventionnelle dans l'autre afin de réaliser leurs empreintes. Les "outcomes" ou résultats qui nous intéressaient étaient la facilité à réaliser des empreintes optiques et conventionnelles, la préférence d'une méthode d'empreinte, et le temps d'instruction de chaque méthode.

### **Stratégie de recherche**

La stratégie de recherche consistait à explorer 3 bases de données électroniques : MedLine/PubMed, ScienceDirect et Cochrane Library pour identifier les articles publiés jusqu'en 2020. Une recherche manuelle a été faite sur la liste des articles éligibles mais aucun résultat n'a été obtenu. Ces recherches avaient commencé le 27 septembre 2020 et ont pris fin le 18 novembre 2020 et ont été conduites sans restriction de langues ni de dates de publication. Au niveau de ces bases de données, les combinaisons de mots-clés suivants ont été utilisées : "dental students"/"dental education"/"dental student preferences"/"preclinical dentistry" AND/OR "digital impression"/"CAD-CAM"/"digital scanning"/"intraoral scanning".

L'ensemble des références retrouvées au niveau des 3 bases de données à l'aide des mots-clés cités ci-dessus ont été importées dans le logiciel de gestion des références bibliographiques (Zotero). A ce stade, des articles ont pu être exclus après lecture des titres et abstracts. Les duplicatas ont également été éliminés. Après cette phase, le texte intégral des articles éligibles a été lu afin de vérifier s'il respecte les critères d'inclusion et de non-inclusion. La liste des articles inclus a été vérifiée et confirmée par l'un des membres de l'équipe de recherche, Octave Nadile Bandiaky (O.N.B.), et tout désaccord entre les deux auteurs, Corysande Leandre (C.L.) et O.N.B. a été résolu par discussion.

### **Recueil des données**

L'extraction et la synthèse des données ont été faites par C.L. à l'aide de Microsoft Excel 2010 (Excel 2010 ; Microsoft Corp). Ces données ont été vérifiées et confirmées par O.N.B. Elles concernaient : l'identification de l'étude (nom du premier auteur, année et pays de publication) le design d'étude, le nombre et l'année d'études des participants, le système CAD/CAM et le matériau de moulage utilisés pour prendre des empreintes, les paramètres mesurés, les méthodes d'évaluation de ces paramètres et les résultats principaux..

### **Risque de biais**

L'outil de collaboration de Cochrane a été utilisé pour évaluer le risque de biais individuel de chaque étude avec sept critères permettant d'évaluer les biais de sélection ("selection bias"), de

performance (“performance bias”), de détection (“detection bias”), d’attrition (“attrition bias”), de rapport d’étude (“reporting bias”). La génération aléatoire de la séquence de prise d’empreinte (“random sequence generation”) et le secret d’attribution (“allocation concealment”) ont été évalués pour déterminer le biais de sélection. La mise en aveugle des participants et du personnel menant l’étude a été évaluée pour déterminer le biais d’indication. La mise en aveugle des évaluateurs sur les interventions permet d’évaluer le biais de performance. La gestion des données incomplètes ou manquantes permet de connaître le biais d’attrition. Et, le rapport plus ou moins sélectif des résultats spécifiés dans l’étude permet d’estimer le “reporting bias”. D’autres risques de biais ont aussi été pris en compte dans l’évaluation (biais financier par exemple). Trois niveaux de risques pouvaient décrire chaque critère : “risque élevé”, “risque bas”, “risque inconnu ou modéré”. La moyenne des risques pour chaque critère donne ainsi le risque de biais global d’une étude donnée.

### **Analyse statistique**

Une synthèse qualitative et quantitative des résultats trouvés dans les études a été effectuée à l’aide de Microsoft Excel 2010 (Excel 2010 ; Microsoft Corp). Les résultats correspondant à un paramètre ont été consignés dans un tableau et les valeurs moyennes de ce paramètre ont été calculées pour l’ensemble des études. Les valeurs correspondant au même paramètre mais utilisant des échelles hétérogènes ont été converties afin d’homogénéiser les résultats lors de la synthèse des données. Les études dans lesquelles les auteurs ont rapporté les résultats sous forme de médianes et intervalles interquartiles (IQR), les valeurs ont été converties en moyennes et en écart-types en utilisant la formule  $(q1+médiane+q3)/3$ , où  $q1$  indique le 25<sup>e</sup> centile et  $q3$  le 75<sup>e</sup> centile. Une approximation de l’écart-type a été obtenue en appliquant cette formule :  $(q3-q1)/1,35$ .

## **2.3. Résultats**

### **2.3.1. Sélection d’études**

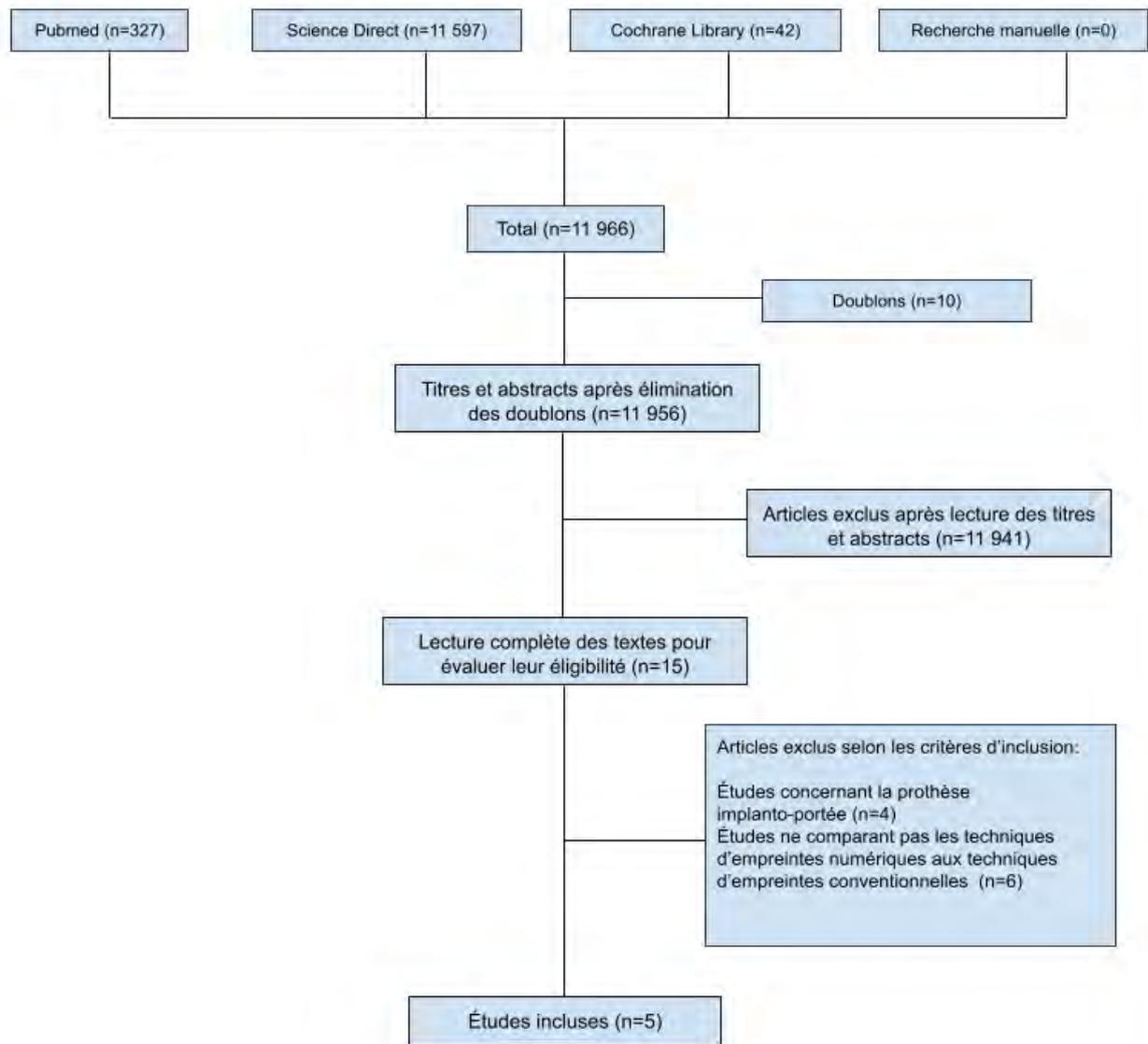
La recherche électronique complétée par la recherche manuelle au niveau des 3 bases de données a permis d’identifier 11966 articles. Parmi ces articles, 10 étaient des duplicatas et 11941 ont été exclus après lecture des titres et abstracts. Sur la base des critères de sélection, la lecture intégrale du texte des 15 articles éligibles a permis d’en exclure 10 (20–23,26–31) et d’en inclure 5 (32–36).

Les raisons d'exclusion des 10 articles ont été présentées dans le Tableau 1. En résumé, 2 de ces études exclues s'intéressaient à la prise d'empreintes sur une arcade contenant un implant, 2 constituent des doubles publications et 6 autres ne contenaient aucune comparaison entre les méthodes d'empreintes conventionnelles et optiques. L'organigramme de la recherche est présenté dans le schéma 1.

Tableau 1 : Études exclues selon les critères d'inclusion.

<b>Joda et al (22), Lee et al (20)</b>	Études portant sur la prothèse implanto-portée
<b>Zitzmann et al (21), Lee et al 2 (23)</b>	Doubles publications des mêmes auteurs
<b>Schwindling et al (26), El-Kerdani et al (27), Ahmed et al (28), Douglas et al (29), Maltar et al (30), Schlenz et al (31)</b>	Études ne comparant pas empreintes conventionnelles et optiques

Schéma 1: Diagramme de la sélection des études



### 2.3.2. Caractéristiques des études incluses

Les 5 études incluses dans la revue étaient des études comparatives publiées entre 2016 et 2020. Leurs caractéristiques ont été présentées dans le tableau 2. Trois d'entre elles étaient réalisées en Europe (Allemagne, Suisse, Turquie), une aux Etats-unis et une a été conduite en Nouvelle-Zélande. Ces études ont au total inclus 174 étudiants avec peu ou aucune expérience clinique, dont 45 étudiants de 2ème année, 89 étudiants de 4ème année et 40 étudiants de 5ème année.

Tableau 2 : Caractéristiques des études incluses (1)

<b>Référence d'étude</b>	<b>Design d'étude</b>	<b>Nombre de participants</b>	<b>Année d'étude des participants</b>	<b>Système CAD-CAM/Matériau utilisés pour prise d'empreinte</b>	<b>Paramètres évalués</b>
Marti et al, 2016 (Etats-Unis)	étude comparative	25	2	Lava C.O.S./Polyvinylsiloxane 3M ESPE	Temps d'enseignement (PICO 3) Facilité (PICO 1)
Zimmerman et al, 2019 (Suisse)	étude comparative	58	4	Cerec Bluecam/Impregum Penta 3M ESPE	Temps d'enseignement (PICO 3) Préférence (PICO 2)
Schott et al, 2019 (Allemagne)	étude comparative	31	4	3M True Definition/Alginate hydrocolloïde irréversible	Temps d'enseignement (PICO 3) Facilité (PICO 1) Préférence (PICO 2)
Cheah et al, 2020 (Nouvelle Zélande)	étude comparative	40	5	Trios 3, 3shape/Alginate aroma Fine Plus	Temps d'enseignement (PICO 3) Facilité (PICO 1) Préférence (PICO 2)
Bilir et al, 2020 (Turquie)	étude comparative	20	2	CEREC Omnicam/Polyvinyl siloxane Express XT Penta H	Facilité (PICO 1) Préférence (PICO 2)

Tableau 2 : Caractéristiques des études incluses (2, suite)

<b>Auteur, année, pays de publication</b>	<b>Méthode d'évaluation</b>	<b>Résultats principaux</b>
Marti et al, 2016 (Etats-Unis)	L'évaluation de la facilité de prise d'empreintes numérique et conventionnelle est réalisée à l'aide d'EVA scorée de 1 à 5. Le temps d'enseignement de chaque technique d'empreinte est mesuré en minutes.	La durée d'enseignement de l'utilisation des scanners optiques est plus longue que pour la réalisation d'empreintes conventionnelles. Les étudiants trouvent les empreintes conventionnelles plus faciles à réaliser.
Zimmermann et al, 2019 (Suisse)	La préférence des étudiants entre les systèmes CAD-CAM et les techniques conventionnelles est évaluée à l'aide d'un questionnaire avec des réponses type "oui" ou "non".	Les étudiants préfèrent prendre des empreintes et concevoir avec les systèmes CAD/CAM.
Schott et al, 2019 (Allemagne)	L'évaluation de la préférence des étudiants et de la facilité de prise d'empreintes numérique ou conventionnelle est réalisée à l'aide d'EVA scorée de 1 à 4.	Les étudiants trouvent les empreintes conventionnelles plus faciles à réaliser mais préfèrent plutôt utiliser les scanners pour la prise d'empreinte.
Cheah et al, 2020 (Nouvelle Zélande)	L'évaluation de la préférence des étudiants et de la facilité de prise d'empreintes numérique ou conventionnelle est réalisée à l'aide d'EVA scorée de 0 à 100.	Plus d'étudiants trouvent l'empreinte conventionnelle facile à réaliser comparé aux scanners cependant ils préfèrent les scanners.
Bilir et al, 2020 (Turquie)	Les étudiants répondent à un questionnaire avant et après la prise d'empreintes proposant des choix multiples dans les réponses.	Les étudiants préfèrent les scanners optiques et les trouvent plus faciles à utiliser pour la prise d'empreinte que la méthode conventionnelle.

### 2.3.3. Résultats principaux

Les résultats des différentes questions PICOS ayant orienté notre recherche ont été présentés ainsi :

PICOS 1 (facilité à réaliser les empreintes, [tableau 3](#)) : ce paramètre a été étudié dans 4 études (32,34–36) ayant inclus au total 116 étudiants. Sur un échantillon de 25 étudiants en deuxième année de chirurgie dentaire, Marti et al évaluent la perception de ceux-ci sur la mise en oeuvre d'une technique d'empreinte conventionnelle et optique à l'aide d'un questionnaire scoré de 1 à 5 (1="très difficile", 2= "difficile", 3="neutre", 4="facile" et 5 ="très facile") complété après la prise d'empreinte. Les résultats de cette étude montrent que les étudiants trouvent les empreintes conventionnelles plus faciles à réaliser. Dans un même design, Cheah et al rapportent des résultats similaires sur une population de 40 étudiants en cinquième année d'études dentaires ayant aussi complété un questionnaire utilisant une échelle visuelle analogique de 0 à 100 pour scorer la facilité de prise d'empreinte. Les deux autres études de Bilir et al de Schott et al portant respectivement sur 20 étudiants de deuxième année et 31 de quatrième année quant à elles montrent des résultats contradictoires. En effet, les auteurs concluent que les étudiants trouvent les scanners optiques plus faciles à utiliser pour la prise d'empreintes. Pour l'équipe de Bilir et al, les étudiants ont été invités à compléter un questionnaire en choisissant entre plusieurs réponses ("très facile", "facile", "très difficile", "difficile" et "aucune idée") afin de déterminer leur niveau de facilité sur l'utilisation de chaque méthode d'empreinte. La synthèse des données des différentes études dans le [tableau 3](#) montre qu'aucune conclusion ne peut être tirée en faveur de l'une ou de l'autre technique d'empreinte quant à sa facilité d'utilisation par les étudiants.

Tableau 3 : Facilité à réaliser des empreintes (en pourcentage)

Etude	Nombre d'étudiants	CI	DS	p-value
		moyenne ± SD <sup>1</sup>	moyenne ± SD	
<b>Marti et al</b>	25	81.6 ± 11.4	71.2 ± 19.2	0.0241*
<b>Cheah et al</b>	40	72.8 ± 17.6	61.9 ± 23.2	0.0204*
<b>Bilir et al</b>	20	45	85	Non renseignée
<b>Schott et al</b>	31	58	71	Non renseignée
<b>Valeur moyenne</b>		64.35	72.27	

\*Si p-value<0.05 : résultats ont une signification statistique

(1) : SD = Déviation standard;

CI: Empreinte conventionnelle (conventional impression); DS: Scanner numérique (digital scanner)

PICOS 2 (préférence de méthode de prise d'empreinte, [tableau 4](#)) : 4 études (33–36), incluant au total 149 étudiants, ont mesuré ce paramètre à l'aide d'un questionnaire complété après des prises d'empreintes. L'étude de Zimmermann et al, incluant 58 étudiants de 4ème année, avait pour but d'évaluer l'introduction d'un module d'enseignement des systèmes CAD/CAM. Dans le cadre de ce module, les étudiants ont réalisé des empreintes optiques et conçu virtuellement des couronnes partielles suite à un enseignement pratique et théorique. Par la suite, les étudiants ont répondu à un questionnaire aux réponses binaires (“oui”/”non”) les interrogeant sur le module et leur préférence entre la méthode CAD/CAM et conventionnelle. Les réponses ont été données sous forme d'un diagramme représentant les pourcentages d'étudiants correspondant à chacune des réponses. Dans l'étude de Schott, les étudiants réalisent une empreinte conventionnelle et optique; puis, la question de la méthode préférée pour faire des empreintes a été posée. Dans l'étude de Bilir, la préférence a été évaluée par la question “Pensez-vous que les empreintes optiques seront votre méthode primaire

de prise d’empreinte dans votre vie professionnelle?” à laquelle les étudiants pouvaient répondre “oui” ou “non”.

Dans l’étude de Cheah et al, trois choix sont donnés aux étudiants : une préférence pour la méthode d’empreinte numérique, pour la méthode conventionnelle, ou n’avoir aucune préférence. Ce chiffre de “non-préférence” n’est pas reporté car il ne permet pas de tirer une conclusion d’intérêt dans le contexte de la question de recherche.

En moyenne, dans toutes les études qui s’intéressent à ce paramètre, plus d’étudiants préfèrent les scanners (67% des étudiants) comparé aux empreintes conventionnelles (25.5% des étudiants).

Tableau 4 : Préférence des étudiants (en pourcentage)

<b>Etude</b>	<b>Nombre d’étudiants</b>	<b>CI</b>	<b>DS</b>
<b>Zimmermann et al</b>	58	15%	85%
<b>Schott et al</b>	31	42%	58%
<b>Cheah et al</b>	40	30%	40%
<b>Bilir et al</b>	20	15%	85%
Valeur moyenne		25.5%	67%

CI: Empreinte conventionnelle (conventional impression); DS: Scanner numérique (digital scanner)

PICOS\_3 (temps d’enseignement) : Le temps d’enseignement sur l’utilisation des scanners intra-oraux est mentionné dans trois des études (33–35), et mesuré dans seulement une, l’étude de Marti et al. L’un des objectifs de cette étude était de mesurer la différence entre le temps d’enseignement de l’usage des scanners optiques et celui de la réalisation d’une empreinte conventionnelle. Les auteurs concluent qu’il faut plus de temps pour enseigner comment faire des empreintes optiques (25.13 minutes) par rapport aux empreintes conventionnelles (14.79 minutes). Les autres études ne réalisent pas de comparaison entre ces deux techniques d’empreintes et présentent des méthodes d’enseignement des scanners hétérogènes. L’enseignement des empreintes optiques prend seulement 2.5 minutes (vidéo) dans l’étude de Cheah et al, 10 heures et demie dans l’étude de Zimmermann et 60 minutes dans l’étude de Schott.

#### 2.3.4. Risque de biais

En résumé, une seule des études (Marti et al) présente un niveau élevé de biais, du fait que les investigateurs dispensent également l'enseignement et supervisent la réalisation d'empreintes. Trois études présentaient un niveau modéré de risque de biais et une montre un faible niveau (tableau 5). Dans l'ensemble, le niveau de preuve scientifique des études reste faible.

Tableau 5 : Risque de biais selon l'outil de Cochrane

Paramètres de l'étude	Marti et al	Zimmermann et al	Schott et al	Cheah et al	Bilir et al
Génération de séquence aléatoire	?	?	?	?	?
Secret d'attribution	+	+	+	+	+
Aveuglement des participants et du personnel	+	?	?	?	?
Aveuglement de l'évaluation des paramètres	+	+	+	+	+
Données sur paramètres incomplètes	-	-	-	-	-
Report sélectif	-	-	-	-	-
Autres biais	?	?	?	?	-
<b>risque de biais global</b>	élevé	moyen	moyen	moyen	bas

+ : risque élevé; - : risque bas; ? : risque inconnu

## 2.4. Discussion

En résumé, cinq études ont fait partie de cette revue systématique ayant pour but de comparer la perception des étudiants concernant l'utilisation de scanners intra-oraux comparés aux matériaux conventionnels pour réaliser des empreintes en termes de facilité, de préférence et temps d'enseignement.

Quatre de ces études ont étudié la facilité de réaliser une méthode d'empreinte. Parmi ces dernières, deux études (32,35) ont conclu que les étudiants trouvent les empreintes conventionnelles plus faciles. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans les études de Lee et Zitzmann qui sont arrivées à cette même conclusion avec un implant unitaire. En contraste, dans les deux autres études (34,36), les empreintes optiques étaient considérées comme plus faciles à mettre en œuvre. Ces résultats hétérogènes et contradictoires ne nous permettent pas d'arriver à une conclusion concernant la technique la plus facile à utiliser pour la prise d'empreinte. Plusieurs explications peuvent être proposées. En effet, pour chacun des questionnaires employés dans ces quatre études, les échelles de réponses et la formulation des questions étaient différentes. De plus, les systèmes CAD/CAM, matériaux d'empreintes et la façon de réaliser ces empreintes varient d'une équipe à l'autre. Ces nombreuses différences peuvent expliquer cette hétérogénéité. Le niveau d'expérience des étudiants peut aussi jouer un rôle. Effectivement, plus l'année d'étude est avancée, plus l'étudiant est à l'aise avec les empreintes conventionnelles; donc la perception de facilité entre les deux techniques dans une étude sera biaisée. Les résultats trouvés ici sont différents de ceux trouvés dans l'étude de Gjevold (11), qui arrive à la conclusion que les praticiens trouvent l'empreinte optique plus facile à réaliser. L'une des études (34) ayant conclu que les étudiants trouvent l'empreinte optique plus facile a suggéré que ce serait parce que les étudiants ont un écran en face d'eux pour évaluer leur enregistrement en même temps qu'ils le réalisent. Cela permet de savoir immédiatement si assez de données ont été collectées pour être exploitable au lieu d'avoir à attendre la fin de la réaction de prise. L'étude de Benic (13) avec des cliniciens qui a, quant à elle, comparé une empreinte conventionnelle et trois empreintes optiques en termes de difficulté est arrivée aux mêmes conclusions que dans cette revue; c'est à dire qu'aucune des techniques n'est plus facile que l'autre. Donc, au final, il n'y a pas de nette différence de facilité entre réaliser des empreintes optiques ou conventionnelles. En effet, cette perception de difficulté semble beaucoup varier d'une étude à l'autre.

La préférence sur l'une des deux méthodes de prise d'empreinte est évaluée dans quatre études. Il y a une nette préférence des étudiants pour les scanners intra-oraux dans chacune des études. Les

études de Lee et Zitzmann (20,21) sont arrivées à la même conclusion concernant la préférence des étudiants. Cela peut être expliqué par les avantages de l’empreinte optique, tel que la possibilité de relecture sans avoir à refaire un mélange et l’obtention immédiate d’une modélisation tridimensionnelle d’une arcade. Il n’y a également aucun risque de déformation des données enregistrées qui peuvent être gardées indéfiniment. L’étude de Joda (22), sur une empreinte d’implant unitaire, arrive à une conclusion similaire concernant les étudiants qui ont une nette préférence pour les scanners intra-oraux. Cependant, dans cette même étude, seulement 26% des praticiens préfèrent les scanners, alors que 48% préfèrent l’empreinte conventionnelle. D’une même façon, il apparaît que le niveau d’expérience peut fortement affecter la préférence pour une des deux techniques. Les étudiants ont moins d’expérience avec les empreintes de façon globale, donc leur opinion sera plus “neutre” que celle d’un praticien ayant une aisance avec l’empreinte conventionnelle.

Le temps d’enseignement pour les deux méthodes est seulement exploré dans une étude, Marti et al, où il faut environ 10 minutes de plus pour enseigner aux étudiants comment réaliser des empreintes optiques. Il est à noter que certaines des études incluant des étudiants de 4ème ou 5ème année considéraient les étudiants déjà formés aux empreintes conventionnelles et ont seulement fourni des explications concernant l’utilisation des scanners. Il faudrait plusieurs études sur des étudiants à qui les deux méthodes d’empreintes sont montrées et expliquées pour la première fois afin de tirer des conclusions significatives sur cette différence de temps d’enseignement. De plus, il faudrait préciser la méthode de mesure de ce temps pour obtenir des données plus fiables sur ce paramètre. Il faut préciser si cet enseignement est théorique ou pratique également, voire les deux.

Cette revue systématique présente des limites par le fait que très peu d’articles ont été trouvés sur le sujet d’intérêt, en particulier pour la prothèse fixée. Ces études étaient majoritairement européennes. De plus, le travail sur des fantômes n’est pas comparable à la réalité clinique et les définitions et méthodes utilisées pour mesurer les paramètres différaient dans chaque étude. Il faut aussi considérer le fait que certains des étudiants avaient une familiarité au préalable avec les empreintes conventionnelles, ce qui a pu affecter leur perception des deux techniques d’empreintes dans certaines des études. Réaliser une telle étude nécessite de standardiser les méthodes afin d’objectiver les résultats de perception des étudiants. Il faudrait s’intéresser à des étudiants n’ayant fait aucune des deux empreintes (première ou deuxième année) et leur faire réaliser des empreintes avec plus d’un système CAD/CAM et plus d’un type de matériau à empreintes. Ainsi, on pourrait savoir si ces différences sont liées aux types de systèmes ou aux genres de matériaux choisis. Pour ce qui est du temps d’enseignement, il faudrait le mesurer avec un chronomètre pour être certain de l’exactitude des données collectées.

Donc la disparité des méthodes d'évaluation des paramètres et des résultats nécessite des investigations supplémentaires dans des conditions d'expérience plus standardisées.

## 2.5. Conclusion

Toutefois les conclusions suivantes peuvent être tirées de cette revue systématique :

1. Il n'y a pas de différence en termes de facilité de prise d'empreinte à l'aide de scanners intra-oraux ou de matériaux conventionnels chez les étudiants.
2. Les étudiants préfèrent les empreintes optiques par rapport aux empreintes conventionnelles car la numérisation permet d'obtenir une modélisation de l'arcade immédiate.
3. Il semble que le temps d'enseignement à l'utilisation des scanners intra-oraux soit supérieur à celui nécessaire pour les empreintes conventionnelles.

Actuellement, les deux techniques sont très proches en terme de performance, mais les empreintes optiques se distinguent par le confort qu'elles apportent aux patients, en particulier ceux ayant un réflexe nauséux plus important, une ouverture buccale limitée ou dans les cas de pathologies pour lesquelles une empreinte conventionnelle serait compliquée à réaliser (exemple : l'épidermolyse bulleuse). Elles présentent aussi l'avantage de pouvoir conserver les données d'empreinte plus longtemps sans risque de dégradation.

Les techniques d'empreinte optique sont de plus en plus répandues, mais la transition est très progressive car beaucoup de praticiens ne sont pas encore habitués à leur usage. D'autre part, le coût des ordinateurs et des caméras peut aussi constituer un obstacle.

## Index des illustrations

Figure 1 : Classification des matériaux dentaires (3)	14
Figure 2 : Empreinte avec de la pâte oxyde de zinc / eugénol (4)	15
Figure 3 : Réalisation de joint périphérique sur porte-empreinte individuel à la “pâte de kerr” (4)	15
Figure 4 : Empreinte aux hydrocolloïdes dans un porte-empreinte à circulation d’eau (4)	16
Figure 5 : Empreinte aux alginates (4)	17
Figure 6 : Empreinte en double-mélange avec des polyvinylsiloxanes (4)	18
Figure 7 : Empreinte secondaire de prothèse totale réalisée avec des polysulfures (permlastic®) (4)	18
Figure 8 : Répartition d’élastomère (pentamix®) dans un porte-empreinte avec un distributeur automatique (8)	19
Figure 9 : Empreinte double-mélange aux silicones (8)	20
Figure 10 : Empreinte aménagée avec des couteaux à événements (8)	21
Figure 11 : Principe de l’empreinte optique (8)	22
Figure 12 : Centre Cerec® d’usinage utilisé en laboratoire (8)	23
Figure 13 : Caméra 3shape (18)	23

## Index des tableaux

Tableau 1 : Études exclues selon les critères d’inclusion.	29
Schéma 1: Diagramme de la sélection des études	30
Tableau 2 : Caractéristiques des études incluses (1)	31
Tableau 2 : Caractéristiques des études incluses (2, suite)	32
Tableau 3 : Facilité à réaliser des empreintes (en pourcentage)	34
Tableau 4 : Préférence des étudiants (en pourcentage)	35
Tableau 5 : Risque de biais selon l’outil de Cochrane	36

## Bibliographie

1. Société Française d'Histoire de l'Art Dentaire. Des origines à 1900 [Internet]. [cité 13 sept 2021]. Disponible sur :  
<https://www.biusante.parisdescartes.fr/sfhad/art-dentaire/des-origines-a-1900/>
2. Braye G. Les premières empreintes dentaires [Internet]. L'Information Dentaire. 2015 [cité 13 sept 2021]. Disponible sur :  
<https://www.information-dentaire.fr/actualites/les-premieres-empreintes-dentaires/>
3. O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 2nd ed. Chicago : Quintessence Publishing. 1997.
4. Chauvel B, Turpin Y-L. Les matériaux à empreinte. Société Francophone des Biomatériaux Dentaires, 2009-2010.
5. Buchan S, Peggie RW. Role of ingredients in alginate impression compounds. J Dent Res. août 1966;45(4) : 1120-9.
6. Balleydier M. Empreinte en prothèse conjointe à l'aide des alginates de haute définition. Actualités odontostomatologiques, L'encyclopédie du praticien. 1995;(191):405-26.
7. Kanehira M, Finger WJ, Endo T. Volatilization of components from and water absorption of polyether impressions. J Dent. févr 2006;34(2) : 134-8.
8. Descamp F. Pratique de l'empreinte en prothèse fixée : du pilier naturel à l'implant, des techniques classiques à la CFAO. Collection guide clinique. Rueil-Malmaison : Éditions CdP; 2012.
9. Moörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. sept 2006;137 : 7S-13S.
10. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique : a review. J Prosthodont juin 2015;24(4) : 313-21.
11. Gjevold B, Chrcanovic BR, Korduner E-K, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A Randomized Clinical Trial. J Prosthodont juin 2016;25(4):282-7.
12. Yilmaz H, Aydin MN. Digital versus conventional impression method in children : Comfort, preference and time. Int J Paediatr Dent. nov 2019;29(6) : 728-35.
13. Benic GI, Mühlemann S, Fehmer V, Hämmerle CHF, Sailer I. Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part I : digital versus conventional unilateral impressions. J Prosthet Dent. nov 2016;116(5) : 777-82.

14. Joda T, Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures : a randomized crossover trial. *Clin Oral Implants Res.* déc 2016;27(12) : e185-9.
15. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques : evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health.* 30 janv 2014;14 : 10.
16. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics : a review. *J Prosthodont* janv 2018;27(1) : 35-41.
17. Bennasar B, Fages M, Margerit, Iovino N, Mercier M, Cura D. La confection des armatures métalliques par CFAO en prothèse fixée. *Stratégie Prothétique.* 11(2) : 137-48.
18. Casas T. Banc d'essais 2019, 7 scanners intra-oraux. *Fil Dent* avr 2019 ;149 : 12-13.
19. Duret F, Pelissier B, Duret B. Peut-on envisager de faire des empreintes optiques en bouche ? *Stratégie Prothétique.* févr 2005;5(1) : 67-74.
20. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions : efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res.* janv 2013;24(1) : 111-5.
21. Zitzmann NU, Kovaltschuk I, Lenherr P, Dedem P, Joda T. Dental students' perceptions of digital and conventional impression techniques : A randomized controlled trial. *J Dent Educ.* oct 2017;81(10) : 1227-32.
22. Joda T, Lenherr P, Dedem P, Kovaltschuk I, Bragger U, Zitzmann NU. Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions : a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* oct 2017;28(10) : 1318-23.
23. Lee SJ, Macarthur RX, Gallucci GO. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. *J Prosthet Dent.* nov 2013;110(5) : 420-3.
24. McCann AL, Schneiderman ED, Hinton RJ. E-teaching and learning preferences of dental and dental hygiene students. *J Dent Educ.* janv 2010;74(1) : 65-78.
25. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses : the PRISMA Statement. *Open Med.* 21 juill 2009;3(3) : e123-30.
26. Schwindling FS, Deisenhofer UK, Porsche M, Rammelsberg P, Kappel S, Stober T. Establishing CAD/CAM in preclinical dental education : evaluation of a hands-on module. *J Dent Educ.* oct 2015;79(10) : 1215-21.
27. El-Kerdani T. Preclinical Course in Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM) Digital Dentistry : Introduction, Technology and Systems Evaluation, and Exercise. *MedEdPORTAL J Teach Learn Resour.* 24 oct 2016;12 : 10487.

28. Ahmed KE, Wang T, Li KY, Luk WK, Burrow MF. Performance and perception of dental students using three intraoral CAD/CAM scanners for full-arch scanning. *J Prosthodont Res.* 1 avr 2019;63(2) : 167-72.
29. Douglas R, Hopp C, Agustin M. Dental students' preferences and performance in crown design : conventional wax-added versus CAD. *J Dent Educ.* 1 déc 2014;78 : 1663-72.
30. Maltar M, Miloš L, Milardović S, Kovačić I, Peršić S, Juroš I, et al. Attitudes of the students from the school of dental medicine in Zagreb towards CAD/CAM. *Acta Stomatol Croat.* déc 2018;52(4) : 322-9.
31. Schlenz MA, Michel K, Wegner K, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. Undergraduate dental students' perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum : a questionnaire survey. *BMC Oral Health* [Internet]. mars 2020 [cité 14 mars 2021];20. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7079522/>
32. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, et al. Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students : instructional efficiency and attitudes towards technology. *Eur J Dent Educ* août 2017; 21(3) : 200-5.
33. Zimmermann M, Mörmann W, Mehl A, Hickel R. Teaching dental undergraduate students restorative CAD/CAM technology : evaluation of a new concept. *Int J Comput Dent.* 2019;22(3) : 263-71.
34. Schott TC, Arsalan R, Weimer K. Students' perspectives on the use of digital versus conventional dental impression techniques in orthodontics. *BMC Med Educ.* 12 mars 2019;19(1) : 81.
35. Cheah C, Lim C, Ma S. The dentist will scan you now : The next generation of digital-savvy graduates. *Eur J Dent Educ* mai 2021; 25(2) : 232-7
36. Bilir H, Ayguzen C. Comparison of digital and conventional impression methods by preclinical students : efficiency and future expectations. *J Int Soc Prev Community Dent.* août 2020;10(4) : 402-9.

**LEANDRE (Corysande)** – Perception des étudiants sur l'utilisation des systèmes CAD-CAM en prothèse fixée dento-portée : revue systématique – 44 f. ; 13 ill. ; 5 tabl. ; 36 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2022)

**RÉSUMÉ :**

**Introduction :** Classiquement, dans l'enseignement de la prothèse fixée, les étudiants sont formés durant leur cursus à la manipulation des matériaux et à la réalisation d'empreintes conventionnelles sur des modèles pédagogiques. Cependant, compte tenu des progrès réalisés dans le domaine de la dentisterie numérique, les étudiants de la génération actuelle sont très ouverts à l'utilisation des nouvelles technologies et s'attendent à expérimenter celles-ci comme adjuvants aux méthodes conventionnelles d'apprentissage. L'objectif de cette revue est de réaliser une synthèse des données des études comparatives évaluant la perception des étudiants en dentaire sur la réalisation d'empreintes conventionnelles comparées aux empreintes optiques en termes de facilité, de préférence et de temps d'apprentissage.

**Méthodes :** La stratégie de recherche consistait à explorer 3 bases de données électroniques: MedLine/PubMed, ScienceDirect et Cochrane Library pour identifier les articles publiés jusqu'en 2020. Les critères d'inclusion étaient ceux-ci: les études comparatives ou randomisées contrôlées pour lesquelles les investigateurs évaluent l'utilisation des systèmes CAD-CAM et des techniques d'empreintes conventionnelles chez les étudiants en dentaire inexpérimentés. Les risques de biais ont été évalués pour chaque étude avec l'outil de Cochrane. Un total de 5 articles ont été inclus et analysés.

**Résultats :** Il n'y a pas de différence en termes de facilité de prise d'empreinte à l'aide de scanners intra-oraux ou de matériaux conventionnels chez les étudiants. Les étudiants préfèrent les empreintes optiques par rapport aux empreintes conventionnelles.

**Conclusion :** Actuellement, les deux techniques sont très proches en termes de performance, mais les empreintes optiques se distinguent par le confort qu'elles apportent aux patients, en particulier ceux ayant un réflexe nauséux plus important ou dans les cas de pathologies pour lesquelles une empreinte conventionnelle serait compliquée à réaliser. Les techniques d'empreinte optique sont de plus en plus répandues, mais la transition est très progressive car beaucoup de praticiens ne sont pas encore habitués à leur usage.

**RUBRIQUE DE CLASSEMENT :** Odontologie - Prothèse conjointe

**MOTS CLES MESH :**

Prothèses dentaires – Dental Prosthesis

Matériaux – Materials

Technique de prise d'empreinte – Dental impression technique

Conception assistée par ordinateur – Computer-aided design

Étudiants dentisterie – Students, dental

**JURY :**

Président : Professeur LE GUEHENNEC L.

Directeur : Docteur LE BARS P.

Assesseur : Professeur LOPEZ S.

Assesseur : Docteur BLERY P.

**ADRESSE DE L'AUTEUR :**

8 Rue de la Plage, 85100 Les-Sables-D'Olonne

corysande@yahoo.com