



HAL
open science

Odontologie pédiatrique : quels intérêts à l'utilisation de la technologie CFAO ? Revue systématique de la littérature

Anna Zaremba

► To cite this version:

Anna Zaremba. Odontologie pédiatrique : quels intérêts à l'utilisation de la technologie CFAO ? Revue systématique de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-01958004

HAL Id: dumas-01958004

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01958004>

Submitted on 17 Dec 2018

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.

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2018

Thèse n° 57

THESE POUR L'OBTENTION DU

**DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par Anna ZAREMBA

Née le 14 décembre 1993 à Fort-de-France (972)

Le 04 décembre 2018

**ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE :
QUELS INTÉRÊTS À L'UTILISATION DE
LA TECHNOLOGIE CFAO ?
Revue systématique de la littérature**

Sous la direction de : Audrey AUSSEL

Membres du jury :

Mme le Professeur Caroline BERTRAND

Mme le Docteur Audrey AUSSEL

M. le Docteur Patrick ROUAS

Mme le Docteur Noélie THEBAUD

Mme le Docteur Elsa GAROT

Présidente

Directeur

Rapporteur

Assesseur

Assesseur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ 01/11/2018

Président M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie Mr DELBOS Yves 56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. FRICAIN Jean-Christophe 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. LASSERRE Jean-François 58-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme Caroline BERTRAND Prothèse dentaire 58-01
Mme Marie-José BOILEAU Orthopédie dento-faciale 56-01
M Sylvain CATROS Chirurgie orale 57-01
M Raphaël DEVILLARD Odontologie restauratrice et endodontie 58-01
Mme Véronique DUPUIS Prothèse dentaire 58-01
M. Bruno ELLA NGUEMA Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux 58-01
M. Jean-Christophe FRICAIN Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Elise ARRIVÉ Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-02
Mme Cécile BADET Sciences biologiques 57-01
M. Etienne BARDINET Orthopédie dento-faciale 56-01
M. Michel BARTALA Prothèse dentaire 58-01
M. Cédric BAZERT Orthopédie dento-faciale 56-01
M. Christophe BOU Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-02
Mme Sylvie BRUNET Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-01
M. Jacques COLAT PARROS Sciences anatomiques et physiologiques 58-01
M, Jean-Christophe COUTANT Sciences anatomiques et physiologiques 58-01
M. François DARQUE Orthopédie dento-faciale 56-01
M. François DE BRONDEAU Orthopédie dento-faciale 56-01
M. Yves DELBOS Odontologie pédiatrique 56-01
M, Emmanuel D'INCAU Prothèse dentaire 58-01
M. Dominique GILLET Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01
M. Jean-François LASSERRE Prothèse dentaire 58-01
M. Yves LAUVERJAT Parodontologie 57-01
Mme Odile LAVIOLE Prothèse dentaire 58-01
M. Jean-Marie MARTEAU Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-01
Mme Javotte NANCY Odontologie pédiatrique 56-01
M. Adrien NAVEAU Prothèse dentaire 58-01
M. Jean-François PELI Odontologie restauratrice – Endodontie 58-01
M. Philippe POISSON Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-02

M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-01
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

AUTRES ENSEIGNANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01

ASSISTANTS

Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Melle	Camille	BOULÉ-MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mlle	Anaïs	CAVARE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Hubert	CHAUVEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M,	Jean-Baptiste	CULOT	Fonctions/dysfonctions, imagerie, biomatériaux	58-01
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Fonctions/dysfonctions, imagerie, biomatériaux	58-01
Mme	Severine	DESCAZEUX	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Agathe	GREMARE	Biologie orale	57-01
M	Mickaël	HYVERNAUD	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Clémence	JAECK	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M	Adrien	LASTRADE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Emmanuel	MASSON REGNAULT	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Marie	MÉDIO	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Aude	MENARD	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Meryem	MESFIOUI	Parodontologie	57-01
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Antoine	PEPELUT	Parodontologie	57-01
M	Florian	PITEU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Noëlla	RAJONSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Thibaut	ROULLAND	Prothèse dentaire	58-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Sophia	ZIANE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

Remerciements

A Notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Caroline BERTRAND
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Doyenne de l'UFR des Sciences Odontologiques
Sous-section Prothèse 58-01

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites en acceptant de présider le jury de cette thèse. Veuillez trouver dans ce travail l'assurance de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect pour votre dévouement à la direction de cette faculté ainsi que pour la qualité de votre enseignement.

A Notre Directrice de thèse

Madame le Docteur Audrey AUSSEL
Assistant Hospitalo-Universitaire – Praticien hospitalier
Sous-section Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux 58-01

Au cours de nos vacances hospitalières, vous m'avez transmis votre passion pour le métier de chirurgien-dentiste et le sens des relations humaines qui compte tant dans cette profession. Je vous adresse mes chaleureux remerciements pour votre soutien et votre disponibilité durant la rédaction de cette thèse. Merci également pour la confiance que vous m'avez accordée et de la bienveillance dont vous avez fait preuve à mon égard.

A Notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Patrick ROUAS

Maitre de Conférences des Universités – Praticien hospitalier

Sous-section Odontologie pédiatrique 56-01

Tous mes remerciements pour votre participation à l'évaluation de ce travail, ainsi que pour votre enseignement de qualité au cours de ma formation. Soyez assuré de ma profonde gratitude.

A Notre Asseseur de thèse

Madame le Docteur Noélie THEBAUD

Maitre de Conférences des Universités – Praticien hospitalier

Sous-section Biologie orale 57-01

Vous faites partie des personnes qui m'ont fait aimer mon métier et en particulier l'odontologie pédiatrique. Votre dévouement, votre patience et votre humanité sont un exemple pour moi. Merci d'avoir participé à ma formation et accepté de participer à ce jury de thèse.

A Notre Asseseur de thèse

Madame le Docteur Elsa GAROT

Assistant Hospitalo-Universitaire – Praticien hospitalier

Sous-section Odontologie pédiatrique 56-01

Merci d'avoir concouru à l'élaboration de cet écrit et accepté de participer à ce jury de soutenance. Les vacations hospitalières effectuées à vos cotés au début de mon cursus ont été précieuses dans mon apprentissage de la prise en charge des enfants en cabinet dentaire. Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance.

A ma famille,

Merci pour votre amour et votre soutien à toute épreuve. C'est à vous que je dois tout, et notamment d'en être arrivée là.

A mes amis,

Je savoure chacun des moments passés avec vous et je vous souhaite, du fond du cœur, le meilleur.

A Thibaud,

Merci pour ton aide précieuse, que notre route ensemble soit belle et longue...

Table des matières

Table des illustrations.....	9
Abréviations.....	10
Introduction.....	11
1. La prothèse pédiatrique	12
1.1. Objectifs.....	12
1.2. Indications et contre-indications.....	14
1.2.1. La prothèse fixée	16
1.2.2. La prothèse amovible	18
1.3. Particularités de la prise en charge de l'enfant.....	19
1.3.1. Le développement de l'enfant	20
1.3.2. La relation de soins chez l'enfant : une relation tripartite.....	21
1.3.2.1. L'enfant au cœur de la relation de soin	21
1.3.2.2. Les parents.....	22
1.3.2.3. Le praticien	22
1.3.3. Gestion de l'enfant au cabinet dentaire	23
2. La Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO)	25
2.1. Généralités.....	25
2.2. Technologie	27
2.2.1. Rôle du numérique	27
2.2.2. L'empreinte optique (numérisation).....	28
2.2.3. La Conception Assistée par Ordinateur.....	29
2.2.4. La Fabrication Assistée par Ordinateur	30
2.2.4.1. Fabrication par soustraction	31
2.2.4.2. Fabrication par addition	31
2.2.4.3. Processus de fabrication	32
2.2.5. Les différents modes de CFAO	32
2.3. Avantages et inconvénients de la technologie CFAO.....	34
2.3.1. Avantages	34
2.3.2. Inconvénients	35
3. Revue systématique de la littérature.....	37
3.1. Matériel et méthode	37
3.1.1. Stratégie de recherche	37
3.1.2. Critères d'éligibilité.....	38
3.1.3. Sélection des articles.....	38
3.2. Résultats	40
3.2.1. Etudes expérimentales.....	40

3.2.2. Cas cliniques	44
3.3. Discussion	49
3.3.1. Analyse de la pertinence des articles sélectionnés.....	49
3.3.1.1. Biais de l'étude	49
3.3.1.2. Pertinence des articles retenus.....	49
3.3.2. Analyse des études expérimentales.....	50
3.3.2.1. L'empreinte optique.....	50
3.3.2.2. Les matériaux usinables en CFAO	51
3.3.3. Analyse des cas cliniques.....	52
3.3.3.1. Qualité des articles de cas cliniques.....	52
3.3.3.2. Discussion	53
Annexes	57
Bibliographie.....	59

Table des illustrations

FIGURE 1 : LE GRADIENT THERAPEUTIQUE	12
FIGURE 2 : LE SCORE ICDAS	13
FIGURE 3 : INDICATIONS DES DIFFERENTES PROTHESES PEDIATRIQUES.....	15
FIGURE 4 : CPP NI-CR ET CPP ESTHETIQUE.....	16
FIGURE 5 : FACETTE PREFORMEE SUR 12 ET 22.....	17
FIGURE 6 : MAINTENEUR D'ESPACE FIXE	18
FIGURE 7 : STRUCTURE DE LA CHAINE NUMERIQUE EN CFAO	27
FIGURE 8 : CAMERA INTRA BUCCALE (TYPE TRIOS®)	29
FIGURE 9 : USINEUSE DE CFAO (TYPE CEREC MC XL®)	31
FIGURE 10 : LES DIFFERENTS MODES DE CFAO	33
FIGURE 11 : DIAGRAMME SCHEMATIQUE D'INCLUSION DANS LA REVUE SYSTEMATIQUE	39

Abréviations

ADF : Association des Dentistes de France

CAD/CAM : Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacture

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

CFAO : Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur

CPP : Couronne Pédiatrique Préformée ou Coiffe Pédodontique Préformée

DSD : Digital Smile Design

ENA : Vita Enamic®

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

ICDAS : International Caries Detection and Assessment System

IDS : Internationale Dental-Shau (exposition dentaire internationale)

MEOPA : Mélange Equimolaire d'Oxygène et de Protoxyde d'Azote

MZD : Mazic Duro®

PEK : Pekkton®

PICN : Polymer-Infiltrated Ceramic Network

VBM : Vipi Block Monocolor®

YAP : Yamahachi PMMA®

Introduction

L'odontologie pédiatrique se définit comme étant l'ensemble des disciplines odontologiques appliquées à l'enfant âgé de 0 à 15 ans. Son exercice reposant sur l'ensemble des connaissances pluridisciplinaires du chirurgien-dentiste (endodontie, soins conservateurs, prothèse, dermatologie...), elle fait généralement partie de l'activité quotidienne de l'omnipraticien.

Pourtant, l'odontologie pédiatrique est une spécialité à part entière, puisqu'elle s'adresse à un patient bien particulier : l'enfant. Sa prise en charge peut en effet être redoutée car c'est un individu dont la personnalité complexe est en perpétuelle évolution, avec une psychologie, une physiologie et une pathologie qui lui sont propres. Entrer en communication avec un enfant et établir avec lui une alliance thérapeutique constituent des étapes importantes dans le protocole de soins. Ces démarches nécessitent du temps, de la patience et de l'investissement de la part du chirurgien-dentiste, de l'enfant et des parents.

Le développement de nouveaux outils tels que la technologie de Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO), pourrait constituer un moyen de faciliter les soins chez l'enfant et présenterait ainsi un intérêt majeur lors de la réalisation de prothèses pédiatriques. La CFAO connaît aujourd'hui un essor considérable dans le domaine de la dentisterie moderne. Un nombre croissant de cabinets dentaires et de laboratoires de prothèses à travers le monde sont désormais équipés de cette innovation. Elle incite les industries à développer de nouveaux matériaux de restauration de plus en plus performants, ouvre la voie à de nouvelles techniques et à la simplification de certaines procédures de soins. Elle permet de réaliser des restaurations prothétiques durables, biocompatibles et esthétiques.

Actuellement, la CFAO semble surtout être appliquée aux soins dentaires de l'adulte. Aujourd'hui, comment la CFAO est-elle ou peut-elle être utilisée plus spécifiquement en odontologie pédiatrique ? La CFAO pourrait-elle être un outil de choix dans la prise en charge de l'enfant au cabinet dentaire et, plus particulièrement, lors de la conception de prothèses pédiatriques?

Après des rappels sur les moyens de prise en charge des enfants en cabinet dentaire et sur le principe de la technologie CFAO, cette thèse se propose de réaliser une revue systématique de la littérature afin de répondre à ces interrogations. Au travers d'une analyse détaillée de la littérature, les champs d'application de la CFAO en odontologie pédiatrique seront mis en évidence, ainsi que les avantages et inconvénients de cette utilisation.

1. La prothèse pédiatrique

Aujourd'hui, il est acquis que la santé bucco-dentaire d'un enfant a non seulement une implication fondamentale dans sa santé générale, mais qu'elle détermine celle de l'adulte qu'il deviendra¹. Malheureusement, la carie dentaire constitue la plus fréquente des maladies chroniques de l'enfance². Il apparaît donc primordial d'assurer une bonne santé bucco-dentaire à nos enfants afin de favoriser leur développement.

Lorsque les manœuvres de prophylaxie échouent ou qu'un élément extérieur (maladie génétique, traumatisme...) vient altérer l'état de santé dentaire d'un patient, il faut souvent recourir à des thérapeutiques restauratrices, voire à la réalisation de prothèses pédiatriques.

Cependant, la réalisation de prothèses pédiatriques et, plus généralement, le fait de soigner un enfant en cabinet dentaire, peut susciter de l'appréhension dans notre profession. En effet, l'exercice de l'odontologie pédiatrique implique non seulement de prendre en charge des pathologies dentaires, mais également de savoir gérer le comportement et la coopération du patient.

Dans cette première partie, nous exposerons les indications cliniques aux prothèses pédiatriques.

1.1. Objectifs

En odontologie clinique, on applique le principe dit « d'économie tissulaire » grâce à un outil nommé le « gradient thérapeutique », qui guide le chirurgien-dentiste dans son choix de restauration (Figure 1). Les thérapeutiques restauratrices sont adaptées à l'importance du délabrement dentaire et sont classées selon le degré de mutilation des tissus, en allant du moins mutilant au plus mutilant.

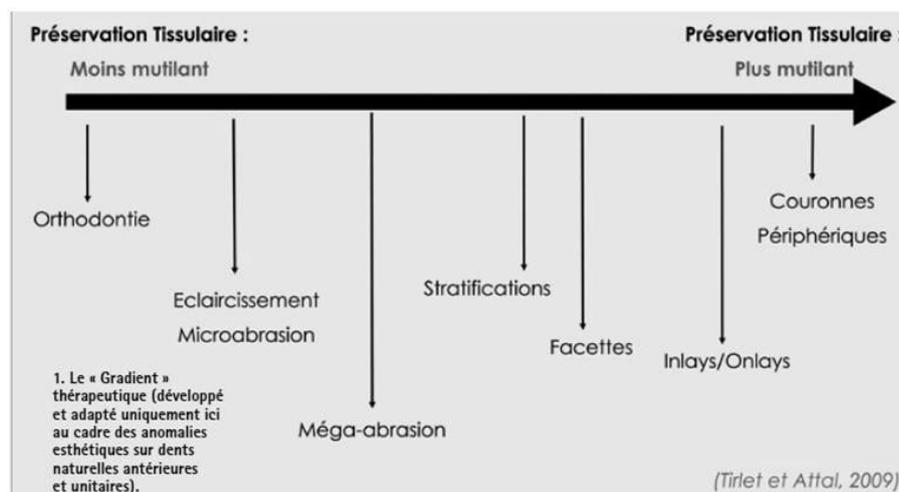


Figure 1 : le gradient thérapeutique³

Ce concept, développé chez l'adulte³, est aussi applicable chez l'enfant mais dans une autre mesure. Il prend alors en compte des facteurs particuliers tels que le risque carieux individuel, la coopération de l'enfant et la motivation de celui-ci et de ses parents face aux traitements.

Pour décrire l'atteinte carieuse, le score ICDAS (International Caries Detection and Assessment System)⁴ qui s'applique aux dents permanentes et lactéales peut être utilisé (Figure 2).

American Dental Association Caries Classification System.							
	AMERICAN DENTAL ASSOCIATION CARIES CLASSIFICATION SYSTEM						
	Sound	Initial		Moderate	Advanced		
Clinical Presentation	No clinically detectable lesion. Dental hard tissue appears normal in color, translucency, and gloss.	Earliest clinically detectable lesion compatible with mild demineralization. Lesion limited to enamel or to shallow demineralization of cementum/dentin. Mildest forms are detectable only after drying. When established and active, lesions may be white or brown and enamel has lost its normal gloss.		Visible signs of enamel breakdown or signs the dentin is moderately demineralized.	Enamel is fully cavitated and dentin is exposed. Dentin lesion is deeply/severely demineralized.		
Other Labels	No surface change or adequately restored	Visually noncavitated		Established, early cavitated, shallow cavitation, microcavitation	Spread/disseminated, late cavitated, deep cavitation		
Infected Dentin	None	Unlikely		Possible	Present		
Appearance of Occlusal Surfaces (Pit and Fissure)*,†	ICDAS 0 	ICDAS 1 	ICDAS 2 	ICDAS 3 	ICDAS 4 	ICDAS 5 	ICDAS 6 
Accessible Smooth Surfaces, Including Cervical and Root‡							
Radiographic Presentation of the Approximal Surface§	 E0 [¶] or R0 [¶] No radiolucency	 E1 [¶] or RA1 [¶]	 E2 [¶] or RA2 [¶]	 D1 [¶] or RA3 [¶]	 D2 [¶] or RB4 [¶] Radiolucency extends into the middle one-third of the dentin	 D3 [¶] or RC5 [¶] Radiolucency extends into the inner one-third of the dentin	

* Photographs of extracted teeth illustrate examples of pit-and-fissure caries.
† The ICDAS notation system links the clinical visual appearance of occlusal caries lesions with the histologically determined degree of dentinal penetration using the evidence collated and published by the ICDAS Foundation over the last decade; ICDAS also has a menu of options, including 3 levels of caries lesion classification, radiographic scoring and an integrated, risk-based caries management system ICCMS. (Pitts NB, Ekstrand KR. International Caries Detection and Assessment System [ICDAS] and its International Caries Classification and Management System [ICCMS]: Methods for staging of the caries process and enabling dentists to manage caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013;41[1]:e41-e52. Pitts NB, Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, Douglas GAV, Longbottom C. ICCMS Guide for Practitioners and Educators. Available at: https://www.icdas.org/uploads/ICCMS-Guide_Full_Guide_US.pdf. Accessed April 13, 2015.)
‡ "Cervical and root" includes any smooth surface lesion above or below the anatomical crown that is accessible through direct visual/tactile examination.
§ Simulated radiographic images.
¶ E0-E2, D1-D3 notation system.
R0, RA1-RA3, RB4, and RC5-RC6 ICCMS radiographic scoring system (RC6 = into pulp). (Pitts NB, Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, Douglas GAV, Longbottom C. ICCMS Guide for Practitioners and Educators. Available at: https://www.icdas.org/uploads/ICCMS-Guide_Full_Guide_US.pdf. Accessed April 13, 2015.)

Figure 2 : Le score ICDAS⁴

Dans l'imaginaire commun, on associe la prothèse dentaire à la personne adulte ou âgée. Il arrive néanmoins que le chirurgien-dentiste soit amené à réaliser des prothèses fixées ou amovibles afin de remplacer ou restaurer des dents chez l'enfant. En effet, lorsque la perte de substance dentaire est trop importante et ne permet pas une restauration pérenne par des matériaux tels que de la résine composite ou des ciments verres ionomères, une thérapeutique par prothèse doit être envisagée.

Les objectifs de la prothèse pédiatrique sont multiples. Le délabrement dentaire, quel qu'en soit l'étiologie, peut être à l'origine de douleurs et d'infections buccales nocives pour l'état général de l'enfant. Il peut provoquer des difficultés à la mastication et donc à l'alimentation. Il est alors important de restaurer rapidement la fonction afin d'éviter un amaigrissement et les répercussions d'un déficit nutritif sur la croissance.

La coloration de dents cariées ou l'absence de dents antérieures a un impact sur l'esthétique et sur l'image que l'enfant renvoie en société. Un défaut esthétique dentaire peut provoquer des moqueries à l'école, compliquer l'intégration de l'individu en collectivité et causer des dommages d'ordre psychologique dès l'enfance : acceptation de soi, confiance, aisance dans les relations avec les autres, *etc.*

De plus, chez l'enfant en cours de croissance, il existe de nombreux mouvements inter et intra-arcades, du fait de la croissance des maxillaires et de l'éruption des dents lactéales ou permanentes. Le délabrement important ou l'absence d'une ou plusieurs dents peut aboutir à des migrations ou des retenues dentaires qui sont responsables du bouleversement du cycle normal de dentition. Toutes ces perturbations mènent souvent à des désordres occlusaux et/ou squelettiques nécessitant à posteriori des traitements plus ou moins longs d'orthopédie dento-faciale.

Chez l'enfant, les restaurations prothétiques ont donc pour objectifs de :

- Rétablir ou conserver le coefficient masticatoire et la dimension verticale d'occlusion,
- Préserver les fonctions telles que la phonation et la respiration,
- Maintenir l'espace et la longueur des arcades afin de favoriser le bon déroulement du phénomène de dentition,
- Améliorer ou maintenir l'esthétique,
- Eviter l'apparition de para-fonctions et de malocclusions.

1.2. Indications et contre-indications

Les étiologies possibles des pathologies nécessitant une thérapeutique par prothèse dentaire pédiatrique sont variées : perte prématurée ou fracture dentaire suite à un traumatisme, délabrement ou avulsion précoce due à des lésions carieuses, agénésies, malformations de l'émail ou de la dentine (MIH, amélogénèse ou dentinogénèse imparfaite) et problèmes d'ordre esthétique (colorations dues aux tétracyclines). La figure 3 résume les indications des prothèses pédiatriques. En fonction de la situation clinique, certains types de prothèses sont préférentiellement utilisés.⁵

Les contre-indications à la prothèse pédiatrique sont quant à elles peu nombreuses. Elles sont essentiellement liées à la coopération de l'enfant lors des étapes de prothèses, l'acceptation de la thérapeutique prothétique par l'enfant et ses parents, leur motivation, le respect du suivi régulier, des manœuvres d'hygiène bucco-dentaire et des conseils de nutrition. Un appareil pouvant devenir iatrogène en cas de négligence (inflammation, carie

secondaire), c'est au professionnel de santé d'évaluer si l'enfant et son entourage seront en mesure d'apporter l'attention nécessaire aux prothèses (nettoyage, conservation, visites de contrôle régulières). Il est par exemple déconseillé de réaliser des prothèses fixées en cas d'hygiène défavorable.

	TYPE DE PROTHESE	INDICATION(S)
Prothèse fixée	Coiffe pédodontique préformée en Ni-Cr	- Délabrement coronaire d'au moins trois faces des molaires temporaires après pulpotomie ou des molaires permanentes (atteinte carieuse, anomalie de structure)
	Coiffe pédiatrique préformée en Ni-Cr et céramique	Délabrement coronaire important de dents temporaires ou permanentes
	Mainteneur d'espace fixe unilatéral ou bilatéral	Unilatéral : perte d'une seule dent en secteur latéral Bilatéral : édentement bilatéral = arc lingual ou palatin
	Inlays et onlays	Mêmes indications que chez l'adulte
	Facette préformée	Délabrement coronaire d'une dent permanente en secteur esthétique. Solution transitoire de longue durée. ⁶
	Bridge antérieur	Perte d'une incisive et grande coopération
Prothèse amovible	Prothèse amovible partielle et/ou mainteneur d'espace amovible	- Absence de plusieurs dents dont le défaut est non compensable par un mainteneur d'espace fixe - Perte prématurée de plusieurs dents avec risque de mouvement distal ou mésial des dents restantes, - Perte bilatérale des premières et deuxièmes molaires temporaires. - Alternative à l'arc palatin en cas d'hygiène insuffisante
	Prothèse complète	- Anodontie - Avulsion précoce de toutes les dents d'une arcade
	Prothèse supra-implantaire	- Anodontie et hypodontie congénitale sévère en cas d'échec de la prothèse complète à rétention muqueuse seule

Figure 3 : Indications des différentes prothèses pédiatriques ^{1,5}

1.2.1. La prothèse fixée

- **La coiffe pédodontique préformée (CPP)** ⁷

La CPP est la méthode de choix pour les restaurations des dents temporaires en cas de lésion carieuse importante et après pulpotomie (figure 4). Elle représente aujourd'hui la méthode de restauration des dents temporaires ayant la plus longue durée de vie⁸. Elle permet de conserver une dent délabrée sur l'arcade jusqu'à sa chute.⁹

Différentes sortes de CPP existent¹⁰ :

- en alliage Ni-Cr de couleur métallique, facilement adaptables à la morphologie des dents.

- constituée d'une infrastructure métallique et partiellement recouvertes de résine ou céramique, ou bien entièrement constituées de zircone^{11,12} (Cheng Crowns®, EZ Pedo®, Kinder Krowns® et NuSmile®). Elles répondent à une demande grandissante de solutions esthétiques chez les patients. En revanche, ces coiffes ont pour inconvénients d'être moins économes en tissus dentaires, plus difficilement adaptables en bouche du fait des matériaux céramiques qui les composent (adaptation marginale, occlusale...). Elles sont par ailleurs plus onéreuses.

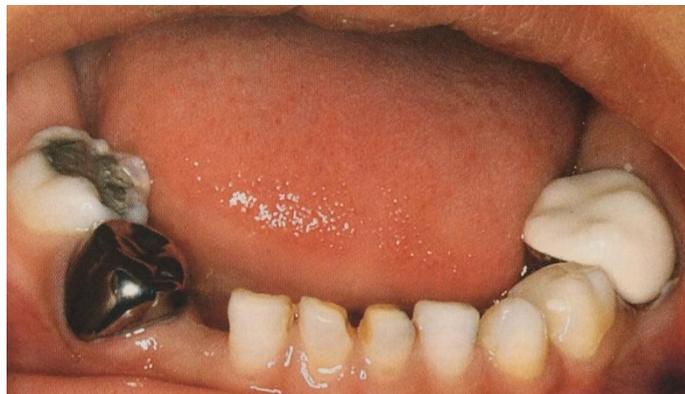


Figure 4 : CPP Ni-Cr (sur 84) et CPP esthétique (sur 75) ¹⁰

- **Le bridge antérieur**

Cette solution prothétique est rarement mise en œuvre chez l'enfant. Elle nécessite une coopération très importante du patient et présente des risques d'inhalation et d'ingestion. Les bridges collés sont contre-indiqués en denture temporaire car l'émail offre de mauvaises possibilités de collage.

- **L'arc palatin ou lingual**

C'est le type de prothèse le plus utilisé en cas de perte d'incisives chez l'enfant. Il joue également le rôle de mainteneur d'espace fixe.

Un arc en acier inoxydable est fixé à l'arcade sur des CPP ou des bagues scellées sur les molaires du patient. La ou les dents manquantes sont remplacées par des dents en résine montées sur de la résine rose et solidarisées à l'arc.

On déconseille ce type de prothèse pédiatrique en cas d'hygiène bucco-dentaire insuffisante car, mal entretenue, elle peut être à l'origine de caries iatrogènes ou d'inflammations muqueuses.

- **La facette préformée**

La facette préformée en résine composite (figure 5) peut être utilisée chez l'enfant sur dents permanentes en tant que solution transitoire de longue durée. Avant l'âge adulte, le parodonte n'étant pas encore stable, il est recommandé d'attendre avant de proposer une solution définitive par facettes céramiques dont le résultat esthétique ne serait pas satisfaisant à long terme.

Il existe des facettes préformées de différentes formes et teintes. Elles sont adaptables au support dentaire restant et permettent des retouches en cas de modifications du parodonte. Tout en étant moins onéreuses que des facettes céramiques, elles peuvent être satisfaisantes esthétiquement.⁶



Figure 5 : Facette préformée sur 12 et 22⁶

- **Le mainteneur d'espace**

Le mainteneur d'espace fixe est constitué d'un fil métallique soudé sur une coiffe pédodontique préformée ou sur une bague scellée à une molaire permanente ou lactéale. Il peut comporter une ou plusieurs dents en résine remplaçant la ou les dents manquantes.



Figure 6 : Mainteneur d'espace fixe⁸

1.2.2. La prothèse amovible⁹

- **La prothèse partielle amovible en denture temporaire**

Ce type de prothèse joue également le rôle de mainteneur d'espace amovible. L'appareil est constitué de résine rose, de dents en résine ainsi que de crochets façonnés. Il peut comporter un vérin central permettant de maîtriser l'adaptation à la croissance transversale. Il constitue une bonne alternative à l'arc palatin en cas d'hygiène défectueuse ou de risque carieux élevé.

Les inconvénients de ce type de prothèse sont qu'il s'adapte mal à la croissance des maxillaires et que les crochets sont peu rétentifs sur les dents lactéales (qui ne possèdent pas de contre-dépouilles). L'utilisation d'adhésif à prothèse sera donc requise, et il sera possible de créer des contre-dépouilles par légères améloplasties.

- **La prothèse complète**

Elle est réalisée en cas d'anodontie ou d'avulsion précoce des toutes les dents d'une arcade.

- **La prothèse supra-implantaire**

La pose d'implants intra-buccaux est rare chez l'enfant, et constitue une thérapeutique de deuxième intention en cas de grands syndromes. Lorsque les solutions prothétiques non implantaire ne sont pas satisfaisantes ou qu'elles ne sont pas tolérées par le patient, on peut parfois envisager une solution implantaire. Ces implants peuvent, par exemple, stabiliser une prothèse complète pédiatrique en cas d'anodontie.

Les phénomènes de croissance des maxillaires empêchent d'obtenir des résultats fiables dans le temps (risque de déplacement ou de rotation des implants). De plus, il est inconcevable de poser un implant dans la bouche d'un enfant s'il existe un germe dentaire sous-jacent. Jusqu'à la fin de la croissance, on évite donc d'implanter. Il est préconisé de temporiser jusqu'à l'âge adulte par des solutions provisoires de moyen terme lorsque la situation le permet.

1.3. Particularités de la prise en charge de l'enfant

Lors de la réalisation de prothèses pédiatriques, le praticien doit savoir concilier la technicité de l'acte prothétique avec la gestion du comportement et de la coopération de l'enfant. Les procédés utilisés doivent permettre l'exécution rapide des soins tout en restant aussi peu invasifs que possible.

Malgré les progrès en termes de compréhension et de méthodologie en odontologie pédiatrique, de nombreux chirurgiens-dentistes se trouvent aujourd'hui démunis lorsqu'il s'agit de soigner les enfants. La prise en charge de certains d'entre eux peut en effet s'avérer complexe en cas de non-coopération. De toute évidence, cette problématique n'est pas propre au domaine dentaire, mais concerne l'ensemble du monde médical : vaccination et prise de sang constituent parfois une réelle épreuve pour l'enfant, le soignant, voire l'accompagnant.

Afin de mieux appréhender le soin d'un enfant en cabinet dentaire, il convient de connaître les étapes de son développement : nous pourrions ainsi plus aisément anticiper ses réactions, détecter les attitudes anormales et faire coïncider la méthode de prise en charge avec son âge et son comportement.

1.3.1. Le développement de l'enfant

Le développement psychologique de l'enfant se déroule de manière continue tout au long de l'enfance. Cependant, en psychologie et pour des raisons didactiques, on le décompose en différentes phases :

- **La petite enfance de 0 à 2 ans**

C'est la « phase orale », durant laquelle l'enfant découvre le monde avec la bouche à travers la succion. La relation avec la mère est primordiale : l'attachement se crée. Le bébé est en proie à ses premières peurs, provoquées par les stimuli bruyants ou lumineux et la crainte d'être séparé de sa mère.

En cabinet dentaire, la coopération est difficile car l'enfant ne peut comprendre réellement tout ce qui se passe dans sa bouche et autour de lui. Les soins se font au fauteuil, le patient allongé sur sa mère. Les pleurs sont signes d'inconfort plus que de douleur ou de peur.

- **La période préscolaire de 2 à 6 ans**

Entre 2 et 4 ans, l'enfant s'approprie le « non » et l'acte d'opposition. Il devient capable de s'opposer aux choses étrangères à son environnement, qui sont souvent perçues comme une agression ou un danger.

Jusqu'à l'âge de trois ans, il n'a souvent pas la maturité psychologique suffisante pour coopérer lors du soin dentaire. Dès cet âge, il sera capable d'être attentif durant 10 à 15 minutes et de se concentrer sur des impératifs qu'on lui donne (rester assis et ouvrir la bouche). Il pourra participer au soin en répondant à des questions simples et être intéressé par des histoires, des expériences ou des jeux nouveaux qu'on lui propose.

Entre 4 et 6 ans, la communication est plus aisée. L'enfant devient impatient, autoritaire, curieux (période du « pourquoi ? »), et veut devenir indépendant. Le praticien peut lui donner un rôle dans le déroulement du soin et stimuler sa curiosité ainsi que son imagination afin d'entretenir sa coopération.

- **La période scolaire de 6 à 11 ans**

En allant à l'école, l'enfant acquiert une certaine indépendance et commence à respecter l'autorité. Jusqu'à 7 ans, il n'est pas capable d'identifier un objet de soin comme faisant partie d'une catégorie « soins ». L'objet inconnu est donc considéré comme un danger. Il est alors important d'expliquer chaque acte que l'on réalise afin d'éviter la surprise et le rejet.

L'enfant prend conscience de son implication dans des relations sociales et de nouvelles angoisses peuvent naître, en lien avec l'école, la relation aux autres, l'apparence physique.

- La préadolescence et l'adolescence de 11 à 15 ans

A l'âge de 12 ans, l'enfant acquiert une faculté de raisonnement semblable à celle d'un adulte : le praticien peut faire appel à son bon sens et sa logique afin de le convaincre. Les changements hormonaux influencent ses émotions, son corps change et ces bouleversements sont souvent à l'origine de mal être social, physique ou psychique et manque de confiance en soi. L'enfant est fréquemment en rébellion contre ses parents et contre l'autorité en général. Il aura du mal à accepter et appliquer les conseils d'hygiène prodigués par un professionnel de santé.

A chaque âge correspond une approche comportementale particulière lors d'un soin en odontologie pédiatrique¹³. La réaction du patient face au soin dentaire dépend également de son vécu, de son tempérament, de l'environnement familial et social dans lequel il évolue, de son éducation et de la transmission éventuelle parents-enfant de la peur du dentiste.

Il semble également important de souligner que les patients atteints de déficiences comportementales d'origine congénitale ou acquises, dits « patients à besoins spécifiques » peuvent nécessiter une prise en charge plus particulière, proche de celle préconisée en odontologie pédiatrique mais adaptée à leur pathologie et leur capacité de coopération aux soins.

1.3.2. La relation de soins chez l'enfant : une relation tripartite

Une des difficultés rencontrée lorsqu'il s'agit de soigner un enfant, est que la relation de soin ne s'établit pas comme à l'ordinaire entre le patient et le praticien. En effet, elle concerne également le ou les parents, dont le rôle est prépondérant dans le déroulement du traitement. Chaque individu impliqué dans la relation de soin doit interagir avec l'autre en respectant un certain équilibre qui sera indispensable au bon déroulement du ou des rendez-vous.

1.3.2.1. L'enfant au cœur de la relation de soin

Tout l'enjeu de la réussite d'un soin va se baser sur le fait de placer l'enfant au centre de l'intérêt. Dès le moment de l'accueil dans cabinet, il s'agira de décoder toutes ses attitudes (paroles, regards, position sur le fauteuil, gestes des mains et des pieds) et de s'y adapter.

L'enfant peut exprimer de la peur, de l'anxiété, de l'angoisse, voir même de la phobie. Le praticien aidé de son assistante devront faire preuve d'empathie et adapter leur attitude en rassurant et encourageant le patient dans toutes les situations. Des mesures

pourront être prises en cas de difficultés de coopération et afin de limiter le stress du patient: prémédication sédatrice, sédation MEOPA, hypnose¹⁴, etc.

1.3.2.2. Les parents

Les parents doivent être présents à la première consultation, ne serait-ce que pour les informations administratives et médicales.

Concernant la suite des soins et uniquement à partir de 2 ans, la présence du ou des parents au sein de la salle de soin est jugée souhaitable ou non par le praticien en fonction de l'attitude et l'influence qu'il a sur le patient : le parent doit idéalement se tenir en retrait de la zone du fauteuil, tout en encourageant son enfant s'il en manifeste le besoin.

Dans certains cas, il sera préférable de demander au parent de rester dans la salle d'attente :

- Un parent surprotecteur, angoissé vis-à-vis du soin et communicant à l'enfant ses peurs, peut être une source de stress inutile. Le rôle du praticien sera d'adopter une attitude rassurante envers l'enfant et son accompagnant.
- Un parent trop permissif voire laxiste, devant lequel le patient fait des caprices et ne coopère pas avec le praticien: le chirurgien-dentiste doit alors imposer un cadre strict et se faire respecter en usant de l'autorité, sans pour autant tenter d'interférer dans son éducation.
- Un parent excessivement strict et autoritaire, qui ne prend pas en considération les émotions et les craintes de son enfant, et qui souhaiterait que les soins soient réalisés coûte que coûte. Afin de rassurer le patient, il faudra expliquer à ce parent que le soin dentaire est une chose qui peut être compliquée à surmonter pour un enfant. Il s'agira alors de prendre le temps afin de mettre à l'aise le patient et apaiser ses angoisses.

Dans la majorité des cas, le parent reste dans la salle de soin et contribue à renforcer la relation entre le praticien et le patient. Cette présence doit être bénéfique et bienveillante pour l'enfant mais en aucun cas perturbatrice du bon déroulement de la séance.

1.3.2.3. Le praticien

Du côté du praticien, soigner un enfant peut s'avérer être une épreuve stressante : il faudra répondre au mieux aux besoins du patient, sans tomber dans l'acharnement en cas d'échec du traitement. Le praticien devra également établir un lien affectif avec l'enfant sans toutefois s'attacher de manière excessive.

La gestion de la coopération du patient jeune demande patience, capacité d'écoute et d'adaptation à chaque situation. Le praticien doit disposer de ces qualités humaines s'il veut s'accomplir dans son métier. En revanche, il lui faudra parfois accepter les limites imposées par le comportement de son patient, sans pour autant remettre en cause ses compétences.

1.3.3. Gestion de l'enfant au cabinet dentaire

Pour un enfant, le cabinet dentaire est souvent un lieu nouveau qui peut parfois être associé au phénomène de douleur, générateur de stress. De plus, l'imagination de l'enfant joue un rôle prépondérant qui le pousse à interpréter le réel d'une manière telle qu'il pense être en danger. Un enfant qui s'agite veut se soustraire à une menace, c'est une tentative de fuite.¹⁴

La manière dont va communiquer le praticien jouera un rôle primordial dans la relation de soin. Dès le premier contact, il devra mettre en confiance l'enfant en tentant de comprendre ses attentes et ses émotions afin d'adapter son attitude à celle de son patient. Tout le travail du professionnel de santé consistera à faire preuve d'une grande capacité d'écoute et d'observation afin de le rassurer ainsi qu'à trouver des astuces pour dissiper son anxiété.¹⁵

Le moment de la première consultation est crucial en matière de communication en odontologie pédiatrique. C'est effectivement lors de cette première rencontre que praticien et enfant vont faire connaissance et pouvoir faire comprendre ce que chacun attend de l'autre, de façon tacite ou verbale.

L'Homme possède deux manières de communiquer avec autrui : les communications verbale et non verbale. Les techniques particulières de communication conseillées chez l'enfant doivent également être appliquées chez l'adulte, surtout lorsque celui-ci est stressé ou anxieux.

- La communication non verbale constitue 70% de notre message : c'est notre langage corporel. Elle est véhiculée par notre posture, nos gestes et nos expressions faciales qui doivent être calmes, posés et mesurés. Nos mouvements doivent être sûrs et notre voix rassurante afin de mettre en confiance le patient. Il faut également avoir conscience de la notion d'espace corporel, espace dans lequel un chirurgien-dentiste est amené à pénétrer lors du soin. Une intrusion trop brutale dans cet espace peut mener à un rejet de la part du patient. Il faudra donc procéder par étapes, discuter en amont avec l'enfant pour faire connaissance, respecter son espace corporel et ne pas se précipiter sur la cavité buccale dès les premières minutes d'une première consultation.
- La communication verbale correspond à ce qui est exprimé oralement et débute dès le premier rapport avec l'enfant. Afin de se faire comprendre au mieux par son interlocuteur, le praticien doit utiliser un langage simple et clair, des phrases courtes, un vocabulaire accessible, adapté à l'âge du patient et concret. Il doit être sincère, compréhensif et empathique, éviter les négations et avoir une attitude aussi positive qu'encourageante lorsque l'enfant est au fauteuil (technique du renforcement positif).

La technique qui a le mieux fait ses preuves chez l'enfant est celle du « TELL-SHOW-DO », soit « expliquer-montrer-faire »¹. Elle se déroule en trois étapes et peut être présentée comme un jeu afin de renforcer l'attention. Elle consiste en premier lieu à expliquer de manière imagée et adaptée à l'enfant ce qui va être réalisé (TELL). Le praticien stimule ensuite tous ses sens de l'enfant en lui montrant les différents instruments et leur fonctionnement : présentation visuelle d'un objet, possibilité de le toucher, de le voir et l'entendre en action, stimulation olfactive et/ou gustative pour certains produits (SHOW). Lors de la dernière étape de cette méthode, le praticien met en œuvre l'acte préalablement décrit de la manière la plus fidèle possible, tout en répétant les mêmes explications afin d'éviter les surprises (DO).

Lors de la réalisation d'une prothèse pédiatrique, le soin doit être confortable et répondre au mieux au besoin du patient afin d'être acceptée par celui-ci. Avant tout, le praticien devra évaluer la coopération et la motivation de l'enfant et de ses parents sur le long terme afin que la thérapeutique soit efficace. L'utilisation et l'entretien d'une prothèse requièrent de la rigueur dans l'emploi, le nettoyage et le contrôle par des visites régulières chez le chirurgien-dentiste. Lors des séances de réalisation de la prothèse, la coopération du patient va être mise à contribution. Ces étapes devront donc être simples à effectuer, rapides d'exécution, et supportables pour le patient. Cela implique l'utilisation d'un matériel adapté et le respect de certaines règles qui limitent l'inconfort lors, par exemple, des prises d'empreintes.

De plus, la prothèse pédiatrique est une solution de transition. Elle doit être conçue de manière à pouvoir être adaptée à la cavité buccale de l'enfant tout au long de sa croissance par des modifications simples. Elle ne doit ni bloquer la croissance des maxillaires, ni empêcher les phénomènes de dentition.

Aujourd'hui, dans une société où l'apparence revêt une importance grandissante, les patients sont de plus en plus demandeurs d'esthétique. Cette exigence est également présente chez les parents qui deviennent réticents face à restaurations du type coiffes pédiatriques préformées métalliques de couleur grise. L'offre de prothèse pédiatrique doit donc évoluer.

Les prothèses pédiatriques par ailleurs sont une solution thérapeutique encore trop rarement proposée en cabinet libéral en France, probablement pour des raisons techniques (formation des professionnels) et financières. Le service rendu aux patients est pourtant très important.

Comme nous pouvons le constater, les méthodes actuelles de réalisations de ces prothèses imposent toujours l'utilisation de matériaux à empreintes conventionnelles (hydrocolloïdes, polyéthers). Ces biomatériaux sont insérés en bouche à l'aide de porte-empreintes volumineux et dont l'emploi est désagréable pour le patient, qu'il soit enfant ou adulte. Partant de ce constat, nous nous sommes demandés dans quelle(s) mesure(s) la technologie CFAO, en plein essor actuellement, pourrait nous affranchir des ces inconvénients.

2. La Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO)

Le sigle « CFAO » signifie littéralement : Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur. C'est la contraction de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et de la FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur), appliquée au domaine dentaire depuis la fin du XXe siècle. Elle puise sa technologie du monde de l'industrie et de la machine-outil à commande numérique.

2.1. Généralités

Le principe général de la technologie CFAO appliquée à la prothèse dentaire est de réaliser, à partir d'une empreinte optique faite à l'aide d'une caméra intra-buccale (numérisation), une image en réalité augmentée d'une situation clinique. Par traitement de l'image et simulation virtuelle (CAO), on conçoit une restauration prothétique qui sera ensuite fabriquée par une machine-outil à commande numérique (FAO). Les éléments du système dédiés à la conception du produit sont donc considérés comme la CAO alors que les tâches de fabrication sont considérées comme la FAO¹⁶.

La mise au point de cette technologie a nécessité de nombreuses recherches qui se poursuivent toujours actuellement.

Les débuts de la technologie CFAO

Dès l'entre-deux-guerres, les avancées scientifiques dans le domaine de la mécanisation de la production se développent de manière importante. Comme toute invention scientifique, la technologie CFAO s'est nourrie des sciences préexistantes et de la créativité de ses inventeurs pour voir le jour. Concernant le domaine dentaire, on peut sans prétention affirmer que les chercheurs français ont été d'importants instigateurs. Les spécialistes de la CFAO dentaire s'accordent pour distinguer trois périodes successives de développement du système.

Pour commencer, la période dite « des pionniers » amorcée dans les années 1960 avec le début de l'informatique, de l'exploitation des phénomènes ondulatoires (lasers, hologrammes...) et de l'usinage automatique. Tous les ingrédients sont alors réunis pour que la CFAO apparaisse, tout d'abord dans les secteurs de l'automobile et de l'aéronautique.

La thèse d'exercice de François DURET en 1973, intitulée « L'empreinte optique », est le point de départ de ce qui apparaît aujourd'hui comme la révolution du XXIe siècle en dentisterie. Durant les années qui suivent, de nombreux laboratoires en France, au Japon et aux Etats-Unis développent le concept et tentent de créer une machine alliant numérisation

d'une empreinte, modélisation et conception informatique de la prothèse, et usinage commandé par informatique.

C'est ainsi que s'enclenche, au début des années 1980, la deuxième période, dite « des démonstrations », période durant laquelle les porteurs du projet doivent prouver au milieu dentaire et aux industriels que la technologie qu'ils développent a de l'avenir.

En 1983 a lieu la première présentation en congrès de l'empreinte optique, combinée à une conception (via le logiciel « EUCLID® ») et une fabrication pilotées par informatique. Là encore, le Docteur Duret est aux commandes, mais les trois composants de l'invention sont dissociés.

En 1985, François Duret et son équipe font une présentation au salon de l'ADF : en une heure, la première couronne dentaire en CFAO est créée (couronne métallique sur prémolaire destinée à sa femme).

De nombreux chercheurs et laboratoires se penchent alors sur le principe de l'invention. En Suisse avec l'équipe du Pr MOERMANN, en Allemagne avec celle de l'ingénieur M.BRANDESTINI et dans d'autres pôles de recherche scientifiques européens se développent des technologies innovantes visant à améliorer les prototypes (systèmes CEREC®, PROCERA®). Paradoxalement, c'est aux Etats-Unis et au Japon que les chirurgiens-dentistes accueillent avec le plus d'engouement la nouvelle évolution du métier, tandis que les praticiens européens restent sceptiques face à de tels changements.

Vers la fin des années 1980, près d'une trentaine de systèmes CFAO complets de la marque HENNSON® fonctionnent dans le monde à des fins de recherche clinique. Le CEREC 1® est également commercialisé en Allemagne dès 1987.

En 1992, au salon de l'*Internationale Dental-Shau* (IDS) sept systèmes de CFAO sont présentés à la profession, ce qui marque le début de la démocratisation de la technologie et démontre l'intérêt croissant qu'elle suscite. C'est le départ de la période industrielle qui se poursuit de nos jours, avec l'existence d'outils CFAO déclinés selon les besoins au sein des cabinets et des laboratoires et une technique en constante évolution.

Chaque année, la technologie CFAO occupe une part croissante dans les stands du salon de l'IDS (10% en 1993, plus de 75% aujourd'hui), ce qui traduit l'ampleur de la révolution technologique qu'elle représente.

Aujourd'hui, la technologie CFAO est utilisée dans de nombreux autres champs d'application : mécanique, électronique, architecture, électromagnétisme, ingénierie, orthodontie, microchirurgie et ingénierie tissulaire...

Dans le domaine dentaire en particulier, elle permet de concevoir et de fabriquer la plupart des pièces prothétiques dans des types de matériaux très variés : maquettes et pièces calcinables, inlays, onlays, chapes et couronnes complètes, armatures et bridges de plus ou moins grande étendue, pièces implantaires et supra-structures, châssis de prothèse amovibles, guides chirurgicaux...

Les moyens technologiques réunis dans le système de la CFAO au service de la dentisterie sont complexes et nombreux.

2.2. Technologie

2.2.1. Rôle du numérique

La structuration classique de la chaîne numérique de CFAO, simplifiée pour des raisons commerciales, se compose de trois parties (figure 7)¹⁶ : la numérisation, la CAO et la FAO (une chaîne numérique étant un ensemble de moyens numériques consécutifs, dédié au traitement et aux conversions des données numériques, mis en œuvre dans un processus industriel pour réaliser un produit, ici, une prothèse dentaire). En réalité, l'organisation de cette chaîne comprend bien plus d'éléments de technologie en termes d'ingénierie numérique. Ces éléments sont nommés les maillons de la chaîne numérique.

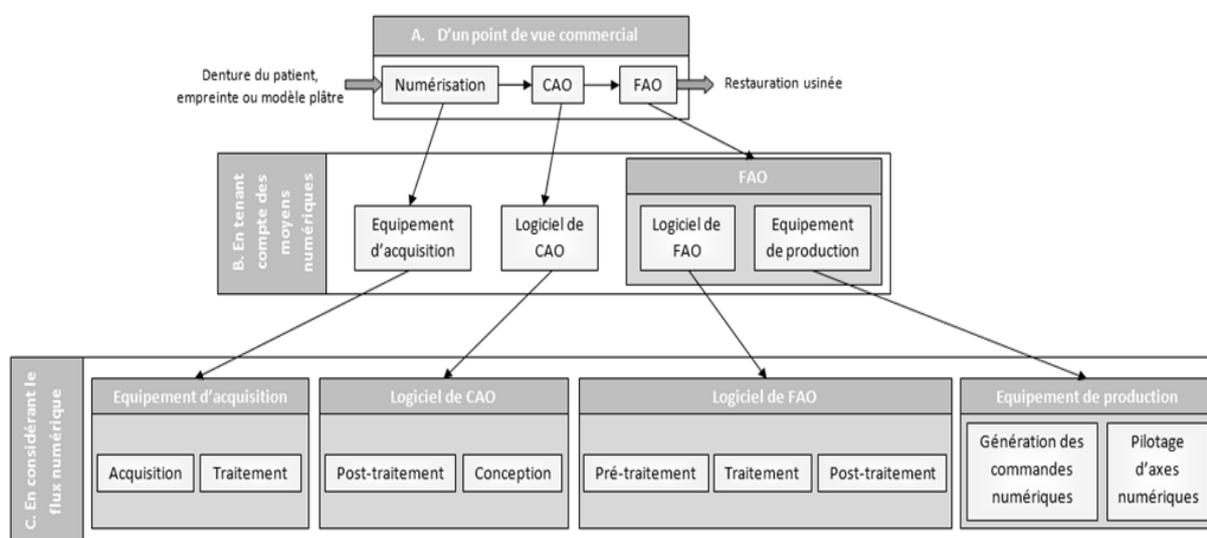


Figure 7 : Structure de la chaîne numérique en CFAO (d'après ¹⁶)

Chaque maillon de la chaîne numérique est un moyen numérique qui peut être relié aux autres par un logiciel en formant une intégration. Ces intégrations sont alors commercialisées sous forme de système ou de package. A ce jour, certains systèmes peuvent être désolidarisés et vendus séparément (par exemple le système de l'empreinte optique et celui de la CAO) alors que d'autres fonctionnent de manière indissociables (système de FAO et machine à commande numérique). Tous les fichiers issus de la technologie CFAO sont dématérialisés, donc transférables via internet ou sur port USB.

L'informatique est donc indispensable à tous les niveaux de la chaîne de CFAO et intervient sur tout le cycle de production.

2.2.2. L’empreinte optique (numérisation)

Dans l’industrie, il existe deux types de méthodes pour acquérir les données en trois dimensions d’un objet : la méthode avec contact physique (mécanique) et la méthode sans contact.

Dans la méthode avec contact, c’est un palpeur qui enregistre la forme de l’objet en le touchant. Les premiers systèmes de numérisation en laboratoire dentaire fonctionnaient ainsi mais cette méthode est difficilement applicable en bouche, les appareils de mesure ne pouvant être utilisés dans le milieu buccal.

Si le contact physique est impossible, la technologie sait désormais exploiter les phénomènes optiques (ondulatoires), acoustiques ou magnétiques afin d’enregistrer ces données tridimensionnelles. En cabinet, les techniques magnétiques et acoustiques posent d’insurmontables problèmes de mise en œuvre et c’est donc l’empreinte optique qui a été appliquée au domaine dentaire.

Principe de la technologie

Chaque rayon lumineux est une onde électromagnétique caractérisée par une longueur d’onde et une phase qui lui est propre. Le principe de fonctionnement d’une caméra optique repose sur la mesure de ce rayonnement lumineux : un rayon incident (dont les caractéristiques sont connues) est projeté sur l’objet à numériser. Ce rayon incident peut être un rayon laser (une seule longueur d’onde et une seule phase) ou une lumière blanche dite polychromatique, composée de plusieurs rayons de différentes valeurs de longueur d’onde et de phase. L’objet renvoie alors une partie du rayonnement dont la valeur sera enregistrée puis comparée à celle du rayonnement incident.

Un logiciel analyse alors la différence entre les deux mesures. En traitant toutes les données acquises, il établit une reconstruction « 3D » de l’objet de départ, que l’on nommera acquisition.

Lors de la saisie, les images peuvent être enregistrées de deux manières différentes :

- Soit par superposition de toutes les images statiques : c’est l’acquisition *point and click*.
- Soit par capture en continu, à la manière d’un film, en balayage : c’est l’acquisition *full motion*.

Les caméras, ou scanners, sont les appareils que le praticien va introduire en bouche afin d’effectuer les mesures (figure 8)¹⁷. Ce sont des machines complexes et fragiles qui enregistrent et transmettent les données recueillies à l’ordinateur de CAO¹⁸. Les éléments qui les composent changent en fonction de la technologie d’émission, de capture et d’analyse choisis par les fabricants et des différents systèmes disponibles sur le marché.



Figure 8 : Caméra intra buccale (type Trios®)¹⁷

2.2.3. La Conception Assistée par Ordinateur

Afin de faciliter les explications et la compréhension, nous prendrons l'exemple d'une dent unitaire restaurée par prothèse fixée unitaire en CFAO.

Le logiciel de CAO a pour objectif de concevoir une restauration prothétique virtuelle à partir du maître modèle virtuel de la dent du patient, fourni par l'acquisition optique. Il doit donc effectuer un traitement des données de l'empreinte optique afin de reconstituer virtuellement une image en trois dimensions exploitable. L'image obtenue pourra être colorée.

Après l'acquisition de l'arcade et du rapport inter arcade, l'opérateur peut zoomer et manipuler sur l'écran la reconstitution en 3D de la zone sur laquelle il doit concevoir la prothèse. La plupart du temps, l'empreinte optique de l'arcade antagoniste est nécessaire afin de définir les contacts occlusaux. Il isole ensuite la dent préparée à la façon d'un modèle positif unitaire sur plâtre. Il définit grâce à un curseur les limites cervicales de sa préparation et valide la conformité de son empreinte. A chaque étape, le praticien peut revenir à l'étape précédente et éventuellement réenregistrer certaines zones de son empreinte si nécessaire.

L'étape suivante est réalisée par le logiciel de CAO qui va produire une proposition de reconstitution (ou prothèse) pour la dent à restaurer. Cette proposition est un projet virtuel qui concilie au mieux les contraintes imposées par la conception d'une prothèse dentaire (points de contact avec les dents adjacentes, occlusion, adaptation à la préparation dentaire, épaisseur du matériau de restauration, etc) et peut être modifiée par l'opérateur (praticien ou prothésiste) grâce à de nombreux outils du logiciel.

La reconstitution proposée par le logiciel peut être établie selon différentes méthodes:

- En faisant référence à des bases de données morphologiques : c'est la méthode la plus fréquente. La dent est recrée à partir d'un catalogue de formes fourni par l'industriel, catalogue que le praticien peut parfois enrichir ou créer entièrement selon les systèmes sur le marché.
Il n'existe pas, à ce jour, de base de données morphologique CAO des dents lactéales.
- En réalisant des « copies » de dents préexistantes : avec cette méthode, on peut connaître la morphologie de la dent avant son délabrement (ancienne empreinte scannée, empreinte avant curetage de lésion carieuse et préparation) et la reconstitution se fera selon ces informations, c'est l'auto-copie.
Certains systèmes de CAO permettent de réaliser l'empreinte optique de la dent controlatérale à la reconstitution (à condition que celle-ci soit intacte ou convenablement restaurée). Le logiciel proposera alors une reconstitution « miroir » et le résultat sera d'apparence plus naturelle. On utilise la méthode des copies le plus souvent pour les restaurations antérieures esthétiques.
- Avec le mode « biogénérique » (système CEREC®) ou « autogénèse » (systèmes E4D® et Planmeca®) : des mesures de scans de dents naturelles réalisés en laboratoire ont permis de cartographier 40 points de caractéristiques communs à chaque catégorie de dent. Ces points sont catalogués et comparés aux points présents sur la dent enregistrée par empreinte optique. Une concordance est alors établie entre la dent en question et les données du catalogue afin de créer la prothèse. Donc plus il y a de points concordants, plus la proposition de reconstruction issue du logiciel sera précise, naturelle et adaptée.¹⁸

La modélisation de la reconstitution prothétique est finalisée par l'opérateur, qui peut retoucher virtuellement sa forme, valider l'axe d'insertion, accentuer ou décharger des points de contact proximaux ou occlusaux. Le modèle virtuel final est enregistré et l'étape de Fabrication Assistée par Ordinateur peut débuter.

2.2.4. La Fabrication Assistée par Ordinateur

Une fois la CAO réalisée, un autre logiciel dit de FAO pilote, à partir des données informatiques issues de la conception, une machine-outil, matérialisant le projet prothétique dans un matériau choisi. Dans certains cas, l'objet fabriqué par la machine peut également être une maquette de modélisation, parfois destinée à être modifiée manuellement ou transformée ultérieurement.

Cette étape peut avoir lieu soit au sein même du cabinet, soit dans le laboratoire de prothèse, soit encore de manière délocalisée dans un centre de production lorsque le laboratoire sous-traite une partie de la production (système Procera® par exemple)¹⁹.

Il existe deux procédés de fabrication en CFAO : la méthode soustractive et la méthode additive, dite méthode d'usinage.

2.2.4.1. Fabrication par soustraction

C'est le procédé d'usinage : on obtient l'objet par usure d'un bloc de matériau brut à l'aide de fraises, diamantées ou non, de formes et de tailles différentes. La machine-outil dans laquelle se déroule cette opération est une usineuse ou fraiseuse à commande numérique (figure 9)²⁰.

La précision d'une usineuse dépend du nombre d'axes de travail qu'elle peut adopter. Une usineuse classique de cabinet dentaire a en général trois axes et peut réaliser des éléments comme les couronnes unitaires, les chapes, les bridges, les inlays/onlays et les barres simples. Les unités de fabrication de laboratoire, ou machines d'établis, possèdent quatre à cinq axes de travail et peuvent usiner des pièces plus sophistiquées comme des armatures de prothèse fixée et des piliers implantaires. Les machines utilisées dans les centres de production délocalisés sont les plus précises et usinent les supra-structures encore plus complexes ne tolérant pas d'imprécisions.

En cabinet comme en laboratoire, les matériaux usinés le plus couramment sont la céramique, la zircone pré-frittée et l'alumine. Il est également possible d'usiner des blocs de métaux pré-frittés, des matériaux hybrides, des composites de restauration, ainsi que des cires et des résines calcinables destinés à devenir des armatures métalliques grâce à la méthode de la cire perdue. Les alliages métalliques comme le cobalt-chrome et les alliages de titane sont usinés en laboratoires ou dans des centres de production délocalisés.



Figure 9 : Usineuse de CFAO (type CEREC MC XL®)²⁰

2.2.4.2. Fabrication par addition

Ce procédé est utilisé pour travailler uniquement le métal et les matériaux calcinables destinés à la fonderie. La machine va déposer ou polymériser par strates successives le matériau de manière précise afin de construire un objet en trois dimensions.

Il existe trois principaux procédés d'impression 3D : la stéréolithographie, la polymérisation sélective ou le frittage laser.

Les pièces fabriquées par addition CFAO en dentisterie sont essentiellement des maquettes de fonderie en résine calcinable, des gouttières, des prothèses transitoires et des guides radiologiques ou chirurgicaux. Le frittage laser permet d'obtenir des pièces métalliques telles que des châssis, et des éléments implantaires en titane.^{18 21}

2.2.4.3. Processus de fabrication

Le processus de Fabrication Assistée par Ordinateur se découpe en trois étapes :

- 1- La préparation de la fabrication : en fonction du procédé de fabrication et du matériau choisi, le logiciel de FAO planifie virtuellement le positionnement de l'élément dans le disque de matériau brut (technique soustractive) ou sur un plateau de fabrication (technique additive).
- 2- La création des séquences de mise en forme : un fichier contenant les instructions de pilotage est envoyé à la machine-outil. Les équations de ce fichier sont destinées à diriger le parcours, la trajectoire, le choix des fraises et leur vitesse de rotation lors de l'usinage.
Dans le cas d'un processus de fabrication par addition, le logiciel de FAO pilotera les différentes trajectoires de dépôt sélectif (stéréolithographie) et la direction des rayonnements pour déclencher la polymérisation (fusion laser ou UV).
- 3- La fabrication de l'élément : cette étape sera très différente selon le procédé de fabrication utilisé et les matériaux choisis.²¹

2.2.5. Les différents modes de CFAO

On distingue trois modes d'utilisation de la CFAO, caractérisés par la technique d'empreinte utilisée et le lieu de conception et de fabrication de la prothèse: CFAO directe, semi-directe et indirecte (figure 10).

La CFAO directe ou *chairside* consiste à réaliser une empreinte optique en bouche au fauteuil. La conception et la fabrication de la pièce prothétique sont assurées dans le cabinet grâce à une unité de fabrication qui usine par soustraction le matériau prothétique. Ce mode de fonctionnement requière de la part du praticien une maîtrise du logiciel de CFAO ou alors l'emploi d'un prothésiste/info-prothésiste en charge des étapes de conception et de fabrication.

La CFAO semi-directe exploite également l’empreinte optique mais est destinée aux praticiens qui ne sont pas équipés d’usineuse au cabinet. Le praticien peut concevoir la prothèse au cabinet. Le fichier est transmis au laboratoire de prothèse (ou au centre de production) qui fabrique la pièce prothétique de manière externalisée par addition ou soustraction. Le laboratoire peut également être en charge de la conception de la prothèse le cas échéant.

La CFAO indirecte ou *labside* se réalise via une empreinte surfacique conventionnelle (alginate, silicones...) à partir de laquelle sera coulé un modèle positif en plâtre qui sera scanné au laboratoire de prothèse. La conception et la fabrication seront alors effectuées à partir de ce scan au sein du laboratoire ou dans un centre délocalisé de production. Cette méthode ne nécessite pas d’investissement dans la technologie CFAO de la part du praticien.¹⁸

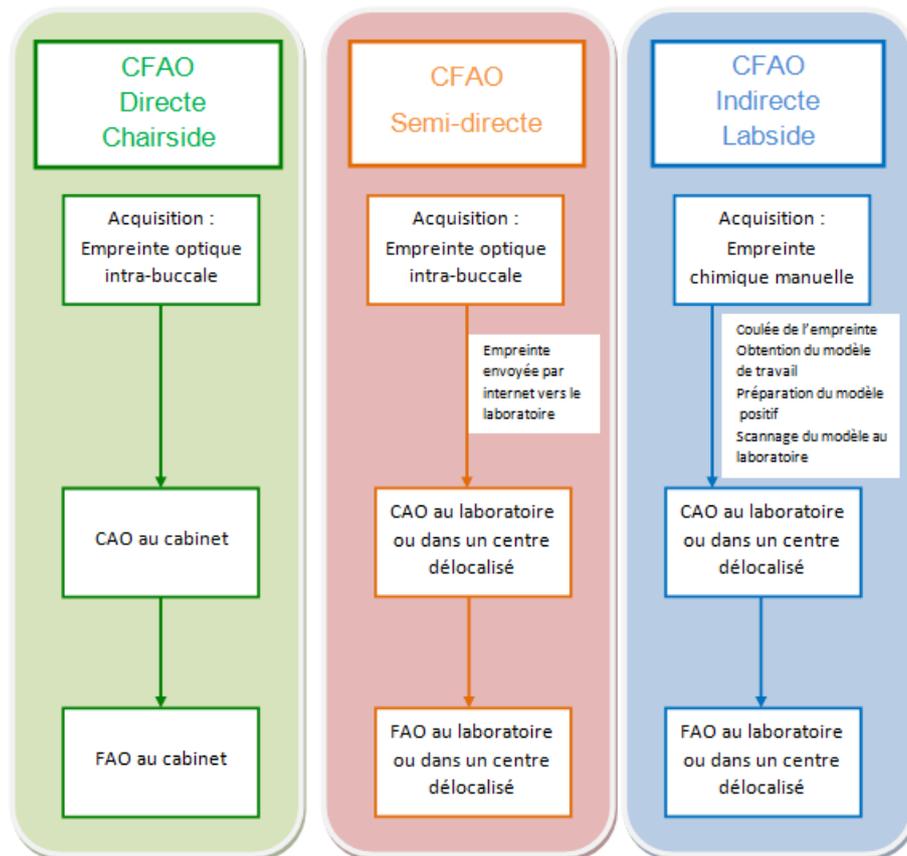


Figure 10 : les différents modes de CFAO¹⁸

2.3. Avantages et inconvénients de la technologie CFAO

2.3.1. Avantages²²

Citons les principaux avantages à la technologie CFAO :

- L'empreinte issue de la CFAO est plus précise qu'une empreinte conventionnelle grâce à la technique de l'empreinte optique²³. D'autre part, les empreintes réalisées avec cette méthode ne sont pas soumises aux risques de déformations liées aux variations thermiques et hydriques du milieu et ne subissent pas les chocs auxquels peuvent être exposées les empreintes traditionnelles lors de leur transport vers le laboratoire.
- Les données issues de l'empreinte sont inaltérables : contrairement à une empreinte conventionnelle, le stockage de l'empreinte numérique n'endommage pas celle-ci lorsque la mémoire informatique est fiable. Les données peuvent être conservées sans limites si la sauvegarde est correctement réalisée.
- Le stockage informatique des fichiers ne prend pas de place physiquement. Cette propriété permet également de stocker une grande quantité d'informations sur un minimum de support (clefs USB, disque dur...).
- L'empreinte optique est ergonomique : la prise d'empreinte est relativement rapide et les systèmes autorisent à apporter des précisions ou des retouches si une zone de l'acquisition le nécessite, sans pour autant avoir à recommencer toute la manipulation.
- L'emploi de matériaux à empreintes, dont l'insertion en bouche est inconfortable pour le patient et parfois complexe pour le praticien, est supprimée.
- La technologie CFAO favorise la communication avec le patient : les gestes et les concepts peuvent être plus facilement expliqués sur l'écran du kart et le patient peut assister à la conception de sa prothèse. C'est également un excellent outil en termes d'image du cabinet qui est perçu comme étant « à la pointe de la technologie ».
- Le système CFAO peut permettre un gain de temps non négligeable, notamment lors des étapes de prise d'empreinte. Dans le cadre de la CFAO directe, le nombre de rendez-vous du patient est réduit grâce à l'usinage dans la séance et au cabinet de la pièce prothétique, et le complexe dentino-pulpaire n'est pas agressé par de multiples ré-interventions sur la même dent.

- On peut aussi prêter des qualités écologiques à la dématérialisation de l’empreinte : suppression de l’emploi de matériaux d’empreintes et de coulée, donc moins de déchets potentiellement polluants ; pas de coursiers circulant en véhicules, ce qui évite les conséquences environnementales qui peuvent en découler.
- Les protocoles numériques facilitent le dialogue entre le praticien et son prothésiste quelle que soit la distance qui les sépare. Grâce à la transmission internet des fichiers d’empreinte, la communication est établie directement avec le laboratoire, optimisant le temps de réalisation de la prothèse. Il est également possible de joindre des photographies du sourire du patient et/ou d’un choix de teinte, ce qui pourra aider le prothésiste à intégrer au mieux ses restaurations dans l’esthétique du visage.²⁴
- La dématérialisation de l’empreinte permet la diminution du risque de contamination infectieuse : en effet, le vecteur de transmission de germes que constituent les matériaux à empreintes insérés en bouche est supprimé. D’autre part, les cameras intra-buccales sont aujourd’hui conçues en matériaux dont l’asepsie se réalise aisément par différents moyens selon les modèles (embouts autoclavables ou usage unique, gaines jetables, désinfection par immersion, nettoyage à la lingette).²⁵

2.3.2. Inconvénients²²

Néanmoins, il serait illusoire de prétendre que cette technologie n’apporte que des améliorations à notre exercice.

- L’équipement CFAO nécessite un investissement conséquent au départ mais aussi au cours de l’utilisation du système : achat des matériaux d’usinage, mise à jour des logiciels, etc.
- La technique de l’empreinte optique ne dispense pas de mettre en œuvre les techniques d’accès aux limites de la préparation utilisées lors des empreintes conventionnelles. L’empreinte optique serait même encore plus exigeante sur ce point car les fluides peuvent fausser l’enregistrement, n’étant pas « repoussés » lors de la pression exercée sur le matériau. Les fabricants tentent de remédier à ces problèmes, par exemple via les fonctions de « sur empreinte » ou « stop and go » qui permettent de revenir sur un endroit non ou mal enregistré.
- La CFAO fonctionne souvent en système dit « fermé », c’est-à-dire qu’un type de système ne fonctionne qu’avec les composants issus du même fabricant, contraignant le praticien à se fournir en consommables et matériaux chez un seul laboratoire, toujours le même. Il semblerait cependant que les concepts soient en cours d’évolution sur ce point, les fournisseurs faisant évoluer leurs technologies vers des systèmes dits « ouverts » (fichiers STL, pouvant être lus par plusieurs logiciels différents).

- Les matériaux utilisés en CFAO directe (usinage à partir d'un modèle virtuel) ne sont pas toujours satisfaisant esthétiquement. Même si les fabricants tentent de remédier à cela, il est couramment admis que les blocs de céramiques à usiner pré-teintés ne permettent pas toujours de reproduire les teintes de dents naturelles qu'un prothésiste est capable de mimer en stratifiant à la main sa céramique. Il est toutefois possible de maquiller la céramique issue d'un usinage.
- Un praticien s'équipant de la CFAO en système direct doit développer une nouvelle compétence au sein de son cabinet, grâce à une formation personnelle, et/ou de son assistante ou encore via l'intégration au personnel du cabinet d'un prothésiste ou d'un « info-prothésiste ». Il s'agit en effet d'être capable de gérer la conception et la fabrication de la prothèse CFAO, ce qui nécessite un espace physique dédié et engendre des coûts supplémentaires, voire l'emploi de nouveau personnel. Cet accroissement de compétences peut aussi bien être considéré comme une évolution attrayante dans le métier pour un praticien « artiste » qui souhaiterait créer lui-même les prothèses de ses patients, mais c'est un grand investissement en termes de temps consacré à fabrication de la prothèse. L'apprentissage de l'utilisation des logiciels de CFAO nécessite également du temps et de la patience.
- Le système CFAO, comme tout système informatique, est soumis aux bugs et aux dangers des pertes de données accidentelles ou des vols. Les sauvegardes et les mises à jour doivent donc être régulières et fiables.
- Les systèmes de CFAO ne permettent pas, à ce jour, de réaliser des empreintes optiques précises d'arcade complète pour prothèse amovible. En effet, la technologie n'est pas encore assez performante pour enregistrer la valeur de dépression tissulaire, donnée indispensable dans la réalisation d'une prothèse à support muqueux²⁶. Il est cependant possible de réaliser des prothèses amovibles à partir de scan des empreintes conventionnelles. Le coût de fabrication d'une armature de stellite par technologie FAO reste élevé et offre finalement peu d'avantages pour le moment face à une technique de conception et fabrication classique par les méthodes de fonderie traditionnelles (cire perdue).

La technologie de CFAO est donc une avancée majeure dans le domaine de la dentisterie. Même si toutes les structures de soins dentaires (cabinets et laboratoires de prothèse) n'en disposent pas encore, celle-ci tend à se démocratiser dans de nombreux pays. Cependant, il semblerait que l'utilisation de cette technologie innovante soit encore peu répandue dans le domaine de l'odontologie pédiatrique.

3. Revue systématique de la littérature

L'objectif de cette revue de littérature est d'explorer les parutions scientifiques relatives à l'utilisation de la technologie CFAO en odontologie pédiatrique. Nous sommes partis de deux constats simples :

- *la digitalisation est de plus en plus présente dans notre exercice,*
- *l'odontologie pédiatrique est une discipline complexe qui nécessite des techniques faciles à mettre en œuvre afin de réaliser des soins durables répondant aux besoins des patients, tout en réussissant à maintenir une bonne coopération de l'enfant.*

Actuellement, très peu de praticiens osent concilier techniques de CFAO et soins des enfants. Dans cette revue de littérature, nous souhaitons étudier les parutions s'intéressant à cette association afin d'examiner s'il existe des raisons rationnelles à une telle défiance, et quels pourraient être les modalités, les bénéfices ou les inconvénients de cette application.

3.1. Matériel et méthodes

3.1.1. Stratégie de recherche

C'est la base de données scientifique internationale en ligne PUBMED qui a été interrogée afin de mener à bien cette revue de littérature. La recherche a été conduite le 8 février 2018 en utilisant les formules de mots MeSH suivants :

1. « *(paediatric dentistry) AND (cad cam) OR (digital impression)* »
2. « *(CAD CAM) AND (dentistry) AND (child)* »

Cette première recherche a alors suggéré 789 résultats pour la première formule et 87 pour la seconde.

Afin de mieux cibler la recherche sur les articles concernant l'utilisation de la technologie CFAO en odontologie pédiatrique, les filtres suivants ont été appliqués:

- Articles dont la date de publication ne peut être supérieure à 10 ans (pas avant février 2008), et
- Articles ne concernant que des études sur l'espèce humaine.

Après application de ces filtres, la base de données a fourni un total de 410 résultats pour la première formule de mots MeSH et 66 pour la seconde.

En parallèle, une recherche à été menée sur le serveur de la bibliothèque de l'Université de Bordeaux (qui recense des parutions papiers en français et en anglais) en intégrant les termes : « CFAO » et « dent » et « enfant ».

3.1.2. Critères d'éligibilité

Il fallut établir des critères d'éligibilité permettant de sélectionner les articles pertinents pour la recherche. Ce sont les critères suivants qui furent utilisés :

- Etudes *in vivo*, ou *in vitro*,
- Publications en français ou en anglais,
- Articles concernant l'odontologie,
- Articles concernant la pratique odontologique chez l'enfant de moins de 15 ans, évoquant la technologie CFAO et/ou l'empreinte optique,
- Etudes portant sur la prothèse dentaire fixe ou amovible.

Ont donc été rejetés les articles correspondant aux caractéristiques suivantes :

- Applications sur l'animal ou *in vitro* sur dents permanentes,
- Publications concernant une autre discipline que l'odontologie,
- Applications de la CFAO ou de l'empreinte optique chez l'adulte uniquement,
- Publications ne mentionnant pas l'utilisation de la technologie CFAO ou d'une méthode d'empreinte optique,
- Publications concernant la chirurgie,
- Publications concernant la modélisation 3D à des fins de chirurgie guidée ou de mesure de la croissance maxillo-faciale en orthodontie.

3.1.3. Sélection des articles

Une première sélection a été réalisée par la lecture des titres, puis des résumés de chaque article en fonction des critères d'éligibilité. Les articles ont été retenus si toutes les informations relevant de ces critères étaient disponibles dans le titre et le résumé.

Ainsi, à la lecture des résumés :

- 4 articles ont été exclus car ils ne mentionnaient pas l'utilisation de la technologie CFAO,
- 17 articles ont été exclus car ils ne concernaient pas l'odontologie pédiatrique mais plus généralement la prothèse dentaire chez l'adulte,
- 2 articles ont été exclus car ils se rapportaient à la chirurgie chez l'enfant,
- 1 article a été exclu car il ne traitait que de l'orthopédie dento-faciale chirurgicale.

Des recherches complémentaires ont été menées à partir des bibliographies des articles sélectionnés comme cité ci-dessus. 4 autres articles pertinents ont été sélectionnés pour lecture complète grâce à leur titre et leur résumé.

13 articles ont donc été retenus pour lecture complète, parmi lesquels 3 ont été exclus^{27,28,29} car ils n'étaient pas disponibles sous forme de texte intégral. Après lecture complète, 9 articles ont été retenus pour cette revue systématique (figure 11). En effet, un article supplémentaire³⁰ a été écarté car il traitait d'un cas clinique durant lequel la technologie CFAO n'a été employée qu'aux 18 ans du patient. Il ne concernait donc pas l'odontologie pédiatrique.

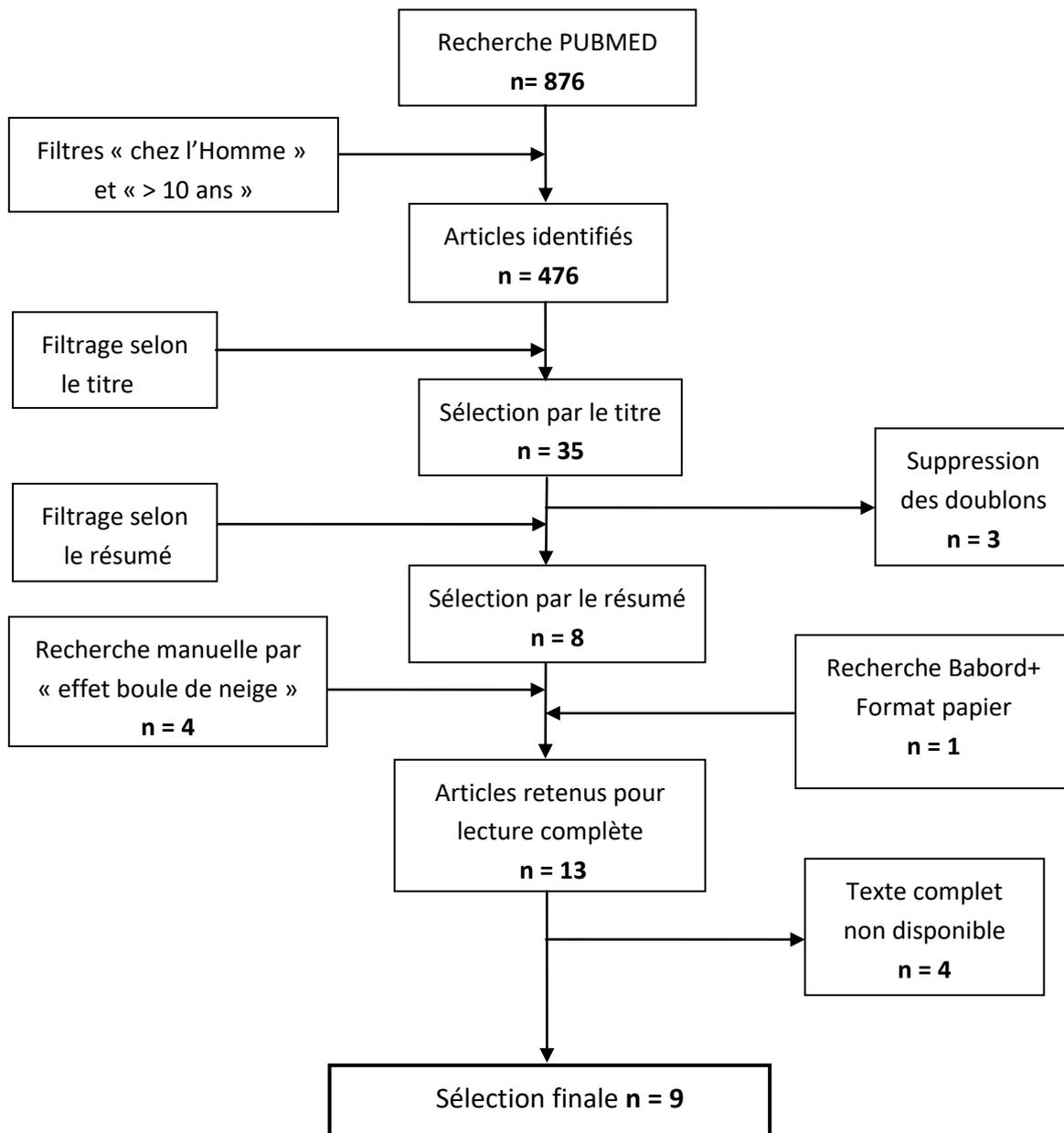


Figure 11 : Diagramme schématisé d'inclusion dans la revue systématique

3.2. Résultats

Parmi ces 9 articles de la sélection finale, on distingue différents types de parutions : 3 parutions sont des études expérimentales et 6 articles sont des cas cliniques. Nous décrirons en premier lieu les articles obtenus avant d'en réaliser une critique.

3.2.1. Etudes expérimentales

Résumons l'ensemble des données fournies par ces trois études :

1. *Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer WJ, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. 2016*³¹

- **Objectifs** :

L'objectif était d'évaluer les différences de ressenti de jeunes patients en terme de confort, de perception du temps et de préférence entre empreinte numérique et empreinte classique à alginate. L'étude était destinée à la base à une application en orthopédie dento-faciale.

- **Matériel et méthodes** :

L'échantillon de sujets concerné par l'étude était constitué de 38 enfants ayant de 10 à 17 ans, dont 16 garçons et 22 filles. Ils n'avaient jamais subi d'empreinte dentaire auparavant, quelle que soit la méthode.

Les auteurs de l'étude ont utilisé un hydrocolloïde irréversible (alginate) ainsi que deux caméras intra buccales CEREC Omnicam® et Lava COS®.

Les empreintes ont été réalisées par le même examinateur, lors de trois visites différentes à quatre semaines d'intervalle pour chaque participant. Il a été réalisé pour chacun une empreinte classique à l'alginate et deux empreintes numériques avec les deux caméras intra-buccales utilisées dans l'étude. Une randomisation a été réalisée en fonction de l'ordre d'utilisation des différentes techniques d'empreintes afin de créer trois groupes randomisés de sujets. La durée de prise de chaque empreinte a été mesurée afin de pouvoir la comparer à la perception du temps de l'empreinte par chaque enfant.

Quatre questionnaires ont été élaborés afin de mesurer le ressenti de chaque participant. Deux d'entre eux concernaient l'apparition d'un réflexe nauséeux, d'une sensation de malaise, d'un état de stress ou d'une difficulté à respirer, la sensation d'inconfort et la perception de la durée de l'empreinte (mesurés par une échelle de Likert) ainsi que la préférence pour l'une ou l'autre des techniques d'empreinte. A l'issue des séances d'empreinte, les questionnaires ont été remplis par les participants.

- **Résultats** :

Aucune différence significative n'a été observée entre les trois groupes. De plus, l'empreinte optique avec le Cerec Omnicam® a semblé provoquer de façon significative moins d'inconfort que celle à l'alginate. En revanche, en ce qui concerne les autres ressentis (reflexe nauséeux, sensation de stress, de malaise, d'inconfort ou d'étouffement), aucune différence significative n'a été observée entre les trois techniques.

En termes de temps mesuré, la durée de la manipulation a été significativement plus courte lors des empreintes à l'alginate et à l'aide du Cerec Omnicam® qu'avec la caméra Lava C.O.S.®. En termes de perception, aucune différence significative n'a été ressentie par les patients entre les durées des différentes empreintes.

Concernant le ressenti des patients, 51% ont déclaré avoir préféré le relevé par caméra optique (dont 44% à l'aide de la caméra Cerec Omnicam® et 39% n'ont pas perçu de différence entre les deux caméras) que par empreinte physico-chimique (29%). 20% ont déclaré n'avoir aucune préférence entre les techniques numériques et conventionnelles.

L'utilisation de la poudre lors des empreintes CFAO a été remarquée par les sujets dans respectivement 64% et 74% des cas pour les caméras Lava C.O.S.® et Cerec Omnicam®. Parmi ces pourcentages, cette utilisation a été perçue comme gênante respectivement à hauteur de 14% et 18% pour chaque caméra.

- **Conclusion** :

Selon les résultats obtenus, les jeunes patients ont, en majorité, éprouvé une préférence pour la technique de l'empreinte numérique qu'ils ont jugée « plus facile » et « plus rapide ».

2. Simsek H, Derelioglu S. *In Vitro Comparative Analysis of Fracture Resistance in Inlay Restoration Prepared with CAD-CAM and Different Systems in the Primary Teeth. BioMed Res Int. 2016* ³²

- **Objectifs** :

L'objectif était de comparer *in vitro* la résistance à la fracture en compression des composites en méthode directe, des onlays composites en méthode indirecte et des onlays issus de CFAO en Vita Enamic[®]. Cette étude a été réalisée sur des molaires temporaires extraites.

- **Matériel et méthodes** :

Douze deuxièmes molaires temporaires non cariées extraites ont été utilisées. Quatre groupes de dents ont été constitués. Le groupe 1 correspondait au groupe témoin sur lequel aucune cavité n'a été réalisée ; sur les dents des groupes 2, 3 et 4, des cavités standardisées de classe II occluso-proximales ont été réalisées. Les cavités du groupe 2 ont été restaurées, *in vitro*, par matériau composite collé en technique directe (composite Gradia Direct Posterior[®]), les cavités du groupe 3 par onlay en composite en technique indirecte classique (Gradia Indirect Composite[®]) et les cavités du groupe 4 par onlay issu de CFAO directe (Cerec Omnicam[®] et Cerec MC XL[®]) en matériau PICN (Vita Enamic[®]). Après sablage, mordantage et silanisation selon les indications du fabricant, les restaurations ont été collées dans les cavités grâce à une colle auto-adhésive (RelyX Unicem[®], 3M Espe), selon le même protocole de collage pour les groupes 2, 3 et 4. Les restaurations ont ensuite été polies. Des tests de résistance à la fracture par compression ont été réalisés pour chaque dent grâce à une machine (Instron[®]), appliquant les forces simultanément sur les cuspidés linguales et vestibulaires.

- **Résultats** :

La meilleure résistance à la fracture a été observée sur le groupe 1 (témoin). Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes 3 (restaurations indirectes par techniques de laboratoire) et 4 (restauration CFAO). Le groupe 2 (restauration directe au composite) a montré la plus faible résistance à la fracture au cours de ce test.

- **Conclusion** :

Au-delà des avantages des restaurations dentaires indirectes par rapport aux restaurations directes (meilleures adaptation marginale et anatomique, points de contact plus efficaces, etc.), il semble également plus intéressant mécaniquement de proposer des restaurations indirectes chez l'enfant. Les techniques de CFAO permettent, d'après cette étude, d'obtenir des restaurations aussi satisfaisantes que les techniques classiques d'onlay en laboratoire sur le plan de la résistance à la fracture.

- **Objectifs** :

L'objectif de l'étude est de mesurer *in vitro* l'usure des dents lactéales causée par des matériaux polymères issus de technologie CFAO dans le cas d'un antagonisme.

- **Matériel et méthodes**

Des canines lactéales intactes et non usées ont été utilisées pour l'étude. Différents matériaux, utilisés en position antagoniste, ont été testés : Vipi Block Monocolor[®] (VBM, résine PMMA commercialisé au Brésil et Amérique du Sud), Yamahachi PMMA[®] (YAP, résine PMMA), Mazic Duro[®] (MZD, résine composite nano céramique), Vita Enamic[®] (ENA, céramique hybride, trame céramique renforcée par infiltration d'un polymère) et Pekkton[®] (PEK, Polymère à hautes performances). Ce sont des matériaux usinables appartenant soit à la famille des céramiques infiltrées de résines (PICN), soit à la famille des polymères à hautes performances. Dans le cadre de l'étude, ils ont été usinés sous forme de cylindres et en dix exemplaires par matériau. Tout d'abord, une caractérisation précise des canines lactéales et des matériaux antagonistes ont été réalisées, en termes de dimensions et de poids. Les différents matériaux et les dents ont été fixés sur un simulateur de mastication assisté par ordinateur (Chewing Simulator CS-4.8[®] de SD Mechatronics). Afin de simuler les contraintes d'usure subies lors de la mastication. Les échantillons ont ensuite été soumis à une charge verticale de 50N, à une fréquence de 1,7Hz et à un mouvement de glissement de 0,7mm pendant 120 000 cycles. Un stress thermique a également été imposé grâce à une immersion dans des bassins d'eau distillée, à des températures de 5°C et 55°C, durant des cycles de 60 secondes. Les conséquences de la simulation sur les dents et les matériaux antagonistes ont été évaluées en étudiant l'état de surface de ces éléments par microscopie électronique et en déterminant leur poids et leurs dimensions.

- **Résultats** :

In vitro, les matériaux VBM[®] et YAP[®] (résines PMMA) ont semblé être à l'origine d'une usure plus importante des dents lactéales, suivi de l'ENA[®] (céramique hybride). Ces résultats pourraient être expliqués par le fait que ces derniers matériaux produisent de micro-débris, ajoutant au mécanisme d'attrition (abrasion à deux corps) un processus d'usure à trois corps. Ce n'est pas le cas du PEK[®], matériau qui produit le moins de débris d'attrition, minimisant ainsi le phénomène d'usure à trois corps. En ce qui concerne l'usure du matériau lui-même, dans cette étude, le PEK[®] était plus usé par l'antagoniste que tous les autres matériaux testés. La céramique hybride ENA[®] a perdu significativement moins en masse que le matériau PEK[®]. Les différences n'étaient pas significatives entre les résultats obtenus avec les autres matériaux PMMA (VBM[®], YAP[®] et MZD[®]).

- **Conclusion**

Compte tenu de ces résultats, le choix du matériau de restauration semblerait plus lié au contexte biologique dans lequel la restauration va être réalisée.

3.2.2. Cas cliniques

Le tableau 2 en annexe résume les données des articles présentant des cas cliniques.

1. <i>Patroni S, Cocconi R. From orthodontic treatment plan to ultrathin no-prep CAD/CAM temporary veneers. Int J Esthet Dent. 2017</i> ³⁴

- **Contexte** :

Le cas a été réalisé en Italie. La patiente était une fille de douze ans. L'objectif de ce cas clinique était de restaurer l'esthétique du sourire et l'occlusion, dans le cas d'une agénésie d'incisive latérale maxillaire (22) accompagnée d'une microdontie de l'homologue gauche (12 rhiziforme). Ce traitement a été assorti d'une thérapeutique orthodontique visant à stabiliser l'occlusion. Une thérapeutique définitive et durable ne pouvait être envisagée à cause de l'immaturation du parodonte, l'objectif était donc de proposer à la patiente une solution peu onéreuse, fonctionnelle, esthétique et facile à mettre en œuvre.

- **Réalisation** :

Tout d'abord, la 12 rhiziforme a été avulsée et les deux incisives latérales ont alors été substituées par les canines, ainsi que des canines par les premières prémolaires. Un éclaircissement externe et une chirurgie muco-gingivale d'alignement des collets et d'allongement coronaire ont été réalisés. Six facettes antérieures (pour 14, 13, 11, 21, 23 et 24) ont été collées. Elles ont été réalisées sans préparation, par technique de CFAO directe et usinage de matériau en céramique hybride (Vita Enamic®).

- **Suivi** :

Aucun suivi n'a été rapporté.

- **Contexte :**

Le cas a été réalisé en Turquie. La patiente était âgée de treize ans. La deuxième molaire temporaire (85) était délabrée, avec absence du germe sous-jacent de la dent définitive (45). Une coiffe a donc été réalisée pour la 85, afin de restaurer la fonction et l'esthétique. L'objectif était également de conserver l'espace entre 44 et 46 jusqu'à la majorité, période à laquelle il serait possible de proposer une solution de remplacement implantaire.

- **Réalisation :**

Tout d'abord, une biopulpectomie a été effectuée sur la 85 (obturation au MTA, ProRoot®, Dentsply). La cavité a été scellée à l'aide d'un verre ionomère (Ionofil Plus®, Voco). Puis une préparation périphérique de la dent a été effectuée, en vue de réaliser une couronne de diamètre mésio-distal égal à celui d'une seconde prémolaire (dont le diamètre est inférieur à celui d'une molaire déciduale). Enfin, après une empreinte optique, une coiffe a été élaborée par CFAO directe en résine nanocéramique (3M Lava Ultimate®) usinée. La coiffe a été scellée à l'aide d'un ciment adhésif à base aqueuse (Adhesor Carbofine®, Spofa Dental).

- **Suivi :**

Des examens cliniques et radiographiques ont été réalisés tous les six mois durant 3 ans et ont révélé que l'adaptation marginale restait intacte. Aucune sensibilité ou infraclusion n'a été mise en évidence, ni aucune pathologie aux niveaux osseux ou parodontal.

3. Zimmermann M, Koller C, Hickel R, Kühnisch J. Chairside treatment of amelogenesis imperfecta, including establishment of a new vertical dimension with resin nanoceramic and intraoral scanning. *J Prosthet Dent.* 2016³⁶

- **Contexte** : Le cas a été réalisé en Allemagne. Le patient était âgé de huit ans et présentait une amélogénèse imparfaite sévère de type II (hypomature), ayant engendré un délabrement important des secteurs postérieurs. Une réhabilitation de la cavité buccale a été réalisée, plus particulièrement des deuxièmes molaires lactéales et des premières molaires définitives. Les objectifs étaient multiples : compenser la perte de dimension verticale d'occlusion, diminuer les sensibilités dentaires importantes, rétablir la fonction masticatoire et améliorer l'aspect esthétique des dents du patient.
- **Réalisation** :
Une étude avec des modèles sur articulateurs a été réalisée. L'élaboration d'un wax-up sur les secteurs postérieurs du plâtre permettait de préfigurer le résultat. Un mordure a également été conçu afin de pouvoir retrouver l'occlusion envisagée lors de l'empreinte optique. La dimension verticale d'occlusion a été surélevée de 5 mm, au cours de ce traitement. Le protocole de restauration a ensuite été réalisé sous anesthésie générale et en une séance (« one-visit chairside ») à cause de l'âge de l'enfant, la durée de la séance et les possibilités d'hypersensibilités en inter-séances. Au cours de l'anesthésie, les dents ont été préparées, isolées de la salive et scannées. Durant la période de conception et d'usinage CFAO des coiffes postérieures, les secteurs antérieurs (incisives) ont été restaurés en bouche par technique de collage de composite direct. Une fois l'usinage achevé, les coiffes en nanocéramique (Lava Ultimate®) ont été collées en bouche sous digue et polies (Variolink II®, Ivoclar Vivadent) selon un protocole rigoureux.
- **Suivi** :
Aucun suivi n'a été rapporté.

4. Bilgin MS, Erdem A, Tanriver M. CAD/CAM Endocrown Fabrication from a Polymer-Infiltrated Ceramic Network Block for Primary Molar: A Case Report. *J Clin Pediatr Dent.* 2016³⁷

- **Contexte** :

Le cas a été réalisé en Turquie. Le patient était âgé de sept ans. Sa deuxième molaire mandibulaire lactéale présentait un délabrement important, liée à une lésion carieuse. Une restauration adhésive classique par matériau inséré en phase plastique étant impossible pour des raisons mécaniques (délabrement conséquent), la réalisation d'une endocouronne a été envisagée.

- **Réalisation** :

Une pulpotomie a été pratiquée (ZnOE de Cavex® en fond de cavité) et une couche de ciment verre ionomères appliquée (Ketac Molar Easymix®, 3M Espe). Un comblement des contre-dépouilles de la chambre pulpaire par collage de composite fluide, puis les préparations interne et externe ont été réalisés. Enfin, une empreinte au silicone a été effectuée. Après le transfert de l'empreinte au laboratoire de prothèses, un modèle positif de la dent en plâtre a été élaboré. Le modèle obtenu a été scanné et l'endocouronne réalisée par technique CFAO indirecte, usinée dans un bloc de résine hybride PICN (Vita Enamic®). L'endocouronne a ensuite été collée au RelyX U200®.

- **Suivi** :

Le patient a été suivi jusqu'à neuf mois après la pose de l'endocouronne, période durant laquelle aucun descellement ni aucune complication pulpaire ou péri-radicaire n'ont été rapportés.

5. Halal R, Nohra J, Akel H. Conservative anterior treatment with CAD-CAM technology and polymer-infiltrated ceramic for a child with amelogenesis imperfecta: A 2-year follow-up. *JPD. 2017*³⁸

- **Contexte** :

Le cas a été réalisé en Liban. Le patient était âgé de douze ans et atteint d'amélogénèse imparfaite sévère sur denture définitive avec présence de tâches colorées noirâtres dans un contexte de béance antérieure. Le traitement envisagé consistait à réaliser des coiffes destinées à rétablir l'esthétique du sourire du patient.

- **Réalisation** :

Une empreinte optique a été réalisée et un projet prothétique proposé par analyse informatisée à l'aide du DSD (Digital Smile Design®). Il visait à rétablir l'esthétique des secteurs antérieurs sans modifier l'occlusion (pas de création de guidage antérieur avec la pose des coiffes). Les coiffes ont été usinées en résine hybride (Vita Enamic®), puis collées sous champ opératoire (RelyX Unicem®, 3M Espe).

Aucune description du traitement des dents avant collage n'a été communiquée dans l'article.

- **Suivi** :

A deux ans, le contrôle semblait n'être qu'esthétique. On a pu noter une faible dyschromie des coiffes et des migrations dentaires menant à des diastèmes.

6. Dursun E, Monnier-Da Costa A, Moussally C. CFAO et lésions carieuses profondes sur dents temporaires. *Réalités cliniques. 2015*³⁹

- **Contexte** :

Les cas rapportés ont été réalisés en France et concernaient deux patientes âgées de sept ans. Elles présentaient un délabrement coronaire important sur les 74 et 54. Des restaurations par onlays CFAO ont donc été envisagées.

- **Réalisation** :

Pour les deux patientes, une pulpotomie a été réalisée (matériaux d'obturation non précisés), et suivie d'une préparation périphérique supra ou juxta gingivale des dents. Une empreinte optique a été effectuée, en vue de la réalisation d'onlays en composite usiné (Lava Ultimate®). Après essayage, les pièces ont été polies collées (RelyX Unicem®, 3M Espe) sans champ opératoire, mais à l'aide d'un système porte-coton isolant de la salive (Automaton®, Meba). Pour terminer, l'ensemble de la restauration été polie.

- **Suivi** :

La visite de contrôle à huit mois ne révèle aucune pathologie sur ces dents et une entière satisfaction des patientes et de leurs parents.

3.3. Discussion

3.3.1. Analyse de la pertinence des articles sélectionnés

3.3.1.1. Biais de l'étude

L'étude que nous avons menée peut avoir été biaisée par plusieurs éléments. Tout d'abord, elle n'a été réalisée que par un seul opérateur, ce qui engendre un potentiel biais de classement des articles lié à la subjectivité dans la sélection de ces articles par l'examineur. Afin d'éviter ce biais, il serait nécessaire que la sélection des articles de la revue soit accomplie par au moins deux opérateurs différents.

D'autre part, il existe un biais de confusion à la sélection des articles du à la dénomination de ceux-ci : un article au titre peu évocateur peut ne pas avoir été retenu pour lecture, alors qu'une analyse du résumé aurait pu l'inclure dans notre travail.

La base de données utilisée (PubMed) est le principal moteur de recherche de l'ensemble des domaines scientifiques en médecine et biologie. Cependant, il ne contient qu'un ensemble d'articles parus dans des revues internationales et ne regroupe pas l'intégralité des parutions existant sur un sujet. Il était donc difficile, en n'employant que cette source d'informations, de regrouper tous les articles intéressant notre propos. Malgré une recherche sur le serveur de la bibliothèque de l'Université, dont les résultats ont été restreints (1 article inclus), une recherche sur plusieurs bases de données aurait pu élargir le panel de parutions retenues pour cette étude.

Enfin, le biais de parution pourrait diminuer le nombre de résultats, car tous les cas cliniques concernant notre sujet n'ont peut être pas été publiés.

3.3.1.2. Pertinence des articles retenus

Lors de notre recherche, nous avons délibérément écarté les articles traitant de chirurgie chez l'enfant ou de traitements en orthopédie dento-faciale faisant appel à la technologie CFAO pour une intervention de chirurgie orthognatique. En effet, notre étude concerne essentiellement l'utilisation de cette technique en pratique « courante » de cabinet dentaire chez l'enfant. Il faut néanmoins souligner que la modélisation en 3D est largement employée dans les domaines de la chirurgie dentaire ou maxillo-faciale pédiatrique⁴⁰ et de l'orthodontie. On remarque d'ailleurs que l'étude de Burhardt *et al*³¹ sur la perception par les patients des techniques d'empreintes a été publiée dans une revue d'orthodontie.

La pertinence de la littérature sélectionnée est limitée. En effet, les articles retenus étaient peu nombreux (n=9). Cela traduit la pauvreté de la littérature scientifique dans le domaine de l'application de la technologie CFAO en odontologie pédiatrique et le peu

d'intérêt témoigné à ce sujet. Il s'agissait, pour la majorité d'entre eux, de cas cliniques (n=6) avec peu ou pas de suivi postopératoire, ayant donc un bas niveau de preuve scientifique (grade C). Les autres articles étaient des études expérimentales randomisées sur de petits échantillons (n=3), constituant des preuves scientifiques de niveau plus élevé (grade B) mais réalisées *in vitro* pour deux d'entre-elles, leurs conclusions étaient donc à envisager avec prudence.

Avec de tels résultats, il serait présomptueux de vouloir tirer des conclusions fermes, car elles n'auraient que peu de valeur scientifique. Toutefois, il nous sera possible de desceller certaines tendances et de trouver des pistes de réflexions pour d'autres études à venir qui nécessiteront des essais cliniques randomisés.

3.3.2. Analyse des études expérimentales

Les articles d'études expérimentales retenus pour cette étude traitaient tous les trois d'aspects différents de l'application de la CFAO en odontologie pédiatrique. Il serait par conséquent infondé de vouloir comparer leurs résultats. Ils comportaient néanmoins des similitudes et il est possible d'en tirer certaines tendances.

3.3.2.1. L'empreinte optique

La première étude de Burhardt *et al*³¹ analysait la perception de différentes techniques d'empreintes (digitale versus physico-chimique) par des adolescents âgés de 10 à 17 ans. Les conclusions rapportaient que l'empreinte numérique provoquerait moins de sensations d'inconfort et qu'elle serait plus appréciée que l'empreinte à l'alginat dans l'échantillon de patients testé. Ces résultats étaient en contradiction avec ceux issus de l'étude de Grünheid *et al*⁴¹ datant de 2014, effectuée sur un échantillon de personnes adultes et dans laquelle les patients avaient une préférence à plus de 73% pour la technique d'empreinte à l'alginat, jugée plus « facile » et plus « courte ». Lors de cette expérience, les patients subissaient au cours de la même séance les deux types d'empreinte, ce qui aurait pu induire un biais de jugement lors de la comparaison subjective des deux techniques.

En tout état de cause, il semblerait que l'empreinte numérique soit plus appréciée par les patients jeunes que l'empreinte physico-chimique, et cela malgré les dimensions importantes des caméras introduites en bouche. Afin de pouvoir déterminer si une telle technique faciliterait réellement le travail en odontologie pédiatrique en termes de coopération et de communication, il serait nécessaire de réaliser des études semblables, mais chez de plus jeunes enfants.

3.3.2.2. Les matériaux usinables en CFAO

Les deux autres études expérimentales^{32,33} incluses dans notre recherche visent à évaluer les propriétés mécaniques de nouveaux biomatériaux dentaires usinables utilisés en CFAO. Dans chacun de ces deux articles, les auteurs ont pour objectif d'éprouver les matériaux constituant des solutions alternatives à l'emploi de restaurations peu esthétiques (couronnes pédiatriques préformées en métal), peu durables ou difficilement mises en œuvre chez l'enfant (résines composites collée en méthode directe). Ainsi, plusieurs types de matériaux sont testés en usure et en compression dans le but de savoir si leurs propriétés s'accorderaient aux conditions biomécaniques imposées par la denture lactéale.

Ces deux études sont réalisées *in vitro*, ce qui nous incite à modérer l'importance des résultats obtenus, les conditions biologiques réelles de la cavité buccale étant hostiles aux biomatériaux dentaires et difficilement reproductibles en laboratoire. En effet, l'usure des dents ne dépend pas uniquement du phénomène d'attrition, mais également de nombreux autres facteurs tels que la nature abrasive des aliments, les propriétés intrinsèques de l'émail de l'individu, la composition chimique de la salive, d'éventuelles parafunctions et le schéma d'occlusion⁴². Les simulateurs *in vitro* de compressions dentaires ne peuvent pas non plus reproduire exactement les forces appliquées sur une restauration. Les études *in vitro* ont néanmoins l'avantage de dépendre dans une moindre mesure du facteur humain que les études cliniques. Leurs protocoles de mise en œuvre sont donc, à priori, plus rigoureux.

L'étude de Simsek *et al*³² analyse la différence de résistance à la compression de matériaux composites utilisés en technique directe, indirecte et CFAO sur dents lactéales. Les conclusions de l'étude indiquaient que les restaurations composites indirectes et CFAO en résine hybride Vita Enamic® sont plus résistantes que les restaurations directes en composite. Il convient d'ajouter à cela que les restaurations indirectes de type inlay/onlay, malgré un degré plus élevé de mutilation tissulaire requis lors de la préparation des dents, possèdent de nombreux avantages par rapport aux restaurations directes : taux de conversion plus élevé, meilleure adaptation marginale, point de contact plus efficace, morphologie globale plus adaptée, esthétique supérieure et temps passé en bouche plus court. Si on prend en considération ces bénéfices et le fait que les pièces prothétiques issues de CFAO peuvent être produites en une séance, il apparaît que l'utilisation de ces restaurations en résine hybride peut se révéler profitable en odontologie pédiatrique du point de vue de l'efficacité du soin et du maintien de la coopération de l'enfant.

Dans l'article de Choi *et al*³³, plusieurs matériaux différents sont testés dans le but d'évaluer l'usure causée ou subie par des dents lactéales antagonistes. Ces matériaux étaient des résines composites, des polymères à hautes performances et des céramiques hybrides ayant été mis sur le marché récemment. Il est important pour un biomatériau de résister à l'usure et de ne pas en causer de manière trop importante afin d'éviter les effets néfastes d'une perte de dimension verticale d'occlusion : fatigue musculaire, perturbations fonctionnelles et occlusales pouvant créer des parafunctions, perlèches.

D'après les conclusions de l'étude, la céramique hybride Vita Enamic® s'usait peu mais était à l'origine d'une usure plus importante des dents lactéales que les autres matériaux, à cause d'un phénomène induit d'usure à trois corps. A l'inverse, les matériaux polymériques (notamment le Pekkton®) s'usaient facilement mais provoquaient moins d'usure de l'antagoniste. Afin de préserver l'intégrité tissulaire au maximum dans le cas de restaurations par matériaux en CFAO, il conviendrait donc de ne pas employer de résines hybrides dans le cas d'usures prononcées des dents naturelles, mais plutôt d'opter pour des matériaux polymériques moins abrasifs. Il est cependant important de noter que les coiffes pédiatriques préformées métalliques provoquent encore moins d'usure des dents naturelles que les matériaux testés ici⁴³.

Ces deux dernières études sont complémentaires. Elles ouvrent la voie à la recherche sur l'utilisation des nouveaux biomatériaux usinables en odontologie pédiatrique. Ces matériaux permettraient une mise en œuvre plus aisée qu'un matériau composite par méthode directe et une esthétique accrue par rapport à une coiffe pédiatrique préformée en métal. Les résines hybrides semblent être des matériaux prometteurs dans ce domaine : elles sont esthétiquement satisfaisantes et possèdent de grandes propriétés mécaniques, proches de celle des tissus dentaires^{44,45}.

Afin de confirmer ces appréciations en denture déciduale, il serait bénéfique de réaliser de plus amples recherches, en tenant compte des véritables conditions biologiques présentes en bouche.

3.3.3. Analyse des cas cliniques

3.3.3.1. Qualité des articles de cas cliniques

La qualité des articles retenus est disparate. Nous pouvons constater quelques incohérences et défauts.

D'une part, seule la moitié d'entre eux rapportent un suivi, dont la durée varie de huit mois à trois ans, et dont les modalités et les conclusions sont peu détaillées. Les protocoles sont également décrits avec plus ou moins de précision selon les articles.

D'autre part, l'article de Halal *et al*³⁸ est peu détaillé et contient certaines des imprécisions, notamment en termes de diagnostics : classe d'occlusion du patient, perte éventuelle de dimension verticale due à l'amélogenèse imparfaite et absence de prise en charge des secteurs postérieurs délabrés.

3.3.3.2. Discussion

Les six articles de cas cliniques pris en compte pour notre recherche correspondaient à trois types d'indications à la restauration par CFAO chez l'enfant :

- Enfants atteints d'agénésies^{34,35},
- Enfants atteints d'amélogénèse imparfaite^{36,38},
- Enfants atteints de maladie carieuse^{37,39}.

D'après les cas cliniques exposés dans ces parutions et en ce qui concerne la facilitation des soins au fauteuil et la coopération du patient, la technologie CFAO semble être un outil de choix en odontologie pédiatrique. En effet, en CFAO directe, la caméra optique facilite la prise d'empreinte chez l'enfant car des zones mal enregistrées sont aisément retouchables. Elle transforme la conception de la prothèse en étape ludique et maintient l'intérêt du patient. Une seule séance peut être suffisante pour créer et mettre en place une prothèse, ce qui accélère la durée du traitement par rapport à des procédures standard de conception prothétique et évite de lasser l'enfant³⁹.

Dans le cas de pathologies sévères de l'émail telle que l'amélogénèse imparfaite, Zimmermann *et al*³⁶ ont montré que l'usage la technologie CFAO est fortement bénéfique. L'âge de l'enfant et ses sensibilités dentaires ne permettent pas de réaliser de traitement satisfaisant sans anesthésie générale. De plus, la mise en place de couronnes pédiatriques préformées n'aurait peut-être pas permis d'augmenter la dimension verticale d'occlusion du patient de manière aussi précise et stable que rapporté dans l'article. Dans ce cas particulier, il semble que l'apport de la nouvelle technologie soit indéniable.

Dans le domaine de la restauration prothétique en odontologie pédiatrique, il faut garder à l'esprit que les travaux de réhabilitation de la fonction masticatoire et du sourire sont des traitements à moyen terme. En effet, en denture mixte, l'immaturation parodontale et les mouvements dentaires dus à la croissance maxillo-faciale empêchent, dans la majorité des cas, de maintenir ces restaurations dans un état satisfaisant au-delà de l'âge de jeune adulte. En denture temporaire, la restauration doit être satisfaisante jusqu'à l'éruption du germe sous jacent. L'objectif d'une restauration dentaire chez l'enfant est donc de stabiliser les tissus (osseux, dentaire et gingival), d'améliorer ou de rétablir la fonction masticatoire et l'esthétique. Il s'agit de permettre une croissance harmonieuse de l'enfant et préserver au maximum les tissus sains jusqu'à l'âge adulte, période où une solution plus durable sera envisagée.

En odontologie pédiatrique, il ne faut pas non plus négliger l'impact de l'esthétique : le développement harmonieux d'un enfant dans la société nécessite qu'il ait confiance en l'image qu'il renvoie. L'adolescence est la période où des complexes physiques peuvent se révéler et il est important d'intervenir avant qu'ils se transforment en handicap social. La question du coût des traitements est également importante : il est cohérent que les parents soient parfois réticents à financer des travaux prothétiques onéreux dont la durée d'usage

sera de l'ordre de quelques mois ou années. Il faut donc trouver des solutions matérielles et techniques conciliant qualité du soin et prix abordable.

La technologie CFAO pourrait, d'après les articles sélectionnés, apporter une aide dans la poursuite de ces objectifs. En effet, d'après les cas rapportés par Patroni *et al*³⁴ et Halal *et al*³⁸, les restaurations à visée esthétique sont satisfaisantes et durables sur les plans de l'esthétique, de la préservation tissulaire (« no-prep ») et du coût par rapport à des restaurations en céramique classiques mises en place chez l'adulte.

Les matériaux usinables en CFAO sont variés et peuvent s'adapter aux contraintes fonctionnelles et esthétiques. Seuls deux types de matériaux usinables apparaissent dans notre sélection : les résines nano céramiques (Lava Ultimate®) et les céramiques hybrides (Vita Enamic®).

- Les résines nano céramiques (Lava Ultimate®), sont ici préférentiellement employées dans le cas de restaurations des secteurs postérieurs avec contraintes esthétiques moindres^{35,36,39}. Les pièces prothétiques réalisées sont des couronnes ou onlays usinés. Sur des dents pour lesquelles une restauration par CPP métallique aurait été indiquée, elles constituent une alternative alliant simplicité d'exécution, qualité de restauration et esthétique.
- Au contraire, les céramiques hybrides (Vita Enamic®) semblent présenter des propriétés mécaniques et esthétiques adéquates pour réaliser des restaurations antérieures^{34,38} de type facettes ou couronnes (sauf dans l'article de Bilgin *et al*³⁷, dans lequel c'est une molaire déciduale qui est restaurée par ce matériau).

L'utilisation des procédés de CFAO en odontologie pédiatrique, au même titre que la réalisation de prothèses pédodontiques conventionnelles (hors CFAO), servirait également à maintenir l'espace³⁷ et à stabiliser l'occlusion³⁴. Les matériaux employés permettraient donc d'obtenir un meilleur résultat esthétique qu'une couronne pédiatrique préformée, tout en favorisant la préservation tissulaire.

Les procédures de réalisation de prothèses fixées de types onlay/inlay seraient facilitées par l'empreinte optique et leur délai de mise en place raccourci par l'usinage en cabinet (par rapport à une procédure standard de sous-traitance à un laboratoire de prothèse).

Au cours de notre recherche, nous avons dû exclure un article concernant la prise en charge par restaurations issues de la technologie CFAO d'un adulte atteint de trisomie 21⁴⁶. Il nous a cependant paru important de souligner que les techniques de soins des patients à besoins spécifiques tels que les adultes porteurs du Syndrome de Down (ou autres patients porteurs de handicaps) nécessitent sensiblement les mêmes compétences de prise en charge du comportement et des pathologies dentaires en général que celles requises en odontologie pédiatrique. Les avancées dans le domaine des soins des enfants pourraient donc constituer un progrès dans les protocoles de traitement des personnes à besoins spécifiques.

L'utilisation de la technologie CFAO en odontologie pédiatrique pourrait donc s'avérer bénéfique pour de nombreuses applications. Elle simplifierait certaines procédures en pratique courante, concourrait à obtenir la coopération des enfants et faciliterait les traitements chez des patients atteints de certaines pathologies : amélogenèse imparfaite, fluoroses, MIH, patients à besoins spécifiques...

Les matériaux dédiés à la CFAO pourraient également permettre d'améliorer les qualités des restaurations en odontologie pédiatrique. Cependant, l'emploi de ces matériaux reste indissociable de l'utilisation des techniques de collage (si sensibles aux conditions de mise en œuvre et parfois difficiles à appliquer chez l'enfant). De nombreux produits sont disponibles sur le marché et le choix du praticien ainsi que sa rigueur de travail ont une forte influence sur la pérennité des soins. Leurs indications et leurs protocoles d'application doivent être précisément respectés.

En ce qui concerne le respect du principe d'économie tissulaire, le débat reste ouvert. En secteur esthétique, les restaurations de type « no prep » dont il est question dans notre sélection d'articles semblent être peu délabrantes, notamment grâce à l'emploi de matériaux PICN dont les propriétés mécaniques permettraient d'obtenir de bons résultats sur de petites épaisseurs. Dans les secteurs postérieurs, les articles retenus ne nous permettent pas de juger si les préparations nécessaires aux solutions thérapeutiques telles que les inlays/onlay ou couronnes/endocouronnes CFAO sont plus ou moins économes en tissus que celles requises pour les coiffes pédodontiques préformées.

A travers cette analyse de littérature, nous constatons que, contrairement à l'adulte, l'usage de la technologie CFAO est, à ce jour, peu répandu et étudié chez l'enfant malgré des avantages certains. L'abrasion causée par ces matériaux et le coût de l'équipement semblent être des éléments pouvant expliquer cette défiance.

Conclusion

L'odontologie pédiatrique est une discipline complexe. Elle nécessite des techniques particulières de soins et de prise en charge comportementales des patients. Or, il est indéniable que l'arrivée sur le marché de la technologie CFAO a apporté des solutions techniques à de nombreuses difficultés prothétiques chez l'adulte. A travers une analyse de la littérature scientifique, l'objectif de notre étude était de dresser un état des lieux des connaissances et des usages de la CFAO appliquée à l'enfant. Nous souhaitons porter une attention particulière à la manière dont cette technologie pourrait faciliter au quotidien la pratique de l'art dentaire chez le jeune patient.

Compte tenu du peu de publications existant sur le sujet en odontologie pédiatrique, nous ne pouvons que constater que cette question est peu explorée à l'heure actuelle. Cependant, certaines tendances se dégagent de ce travail.

Tout d'abord, l'empreinte numérique serait une avancée en termes de confort lors de la prise d'empreinte. Cet élément représente un avantage dans la prise en charge du comportement de l'enfant en cabinet dentaire. D'autre part, l'utilisation de l'empreinte optique en tant qu'outil pédagogique n'est que peu développée dans la littérature. La communication avec le patient, grâce à la modélisation 3D, pourrait être grandement facilitée et nous supposons qu'elle favoriserait ainsi la coopération. En outre, les procédés de CFAO directe permettraient de réduire le nombre de séances de traitement ce qui est un avantage majeur dans la prise en charge.

Les parutions retenues indiquent que les matériaux usinables employés constituent une alternative intéressante aux restaurations habituellement employées chez l'enfant (couronnes pédiatriques préformées, restaurations foulées). Certains inconvénients de ces thérapeutiques, qu'ils soient d'ordre esthétique, biologique ou mécanique, pourraient être solutionnés par la réalisation de pièces prothétique par technique CFAO. L'abrasion causée par les nouveaux biomatériaux étudiés ici pourrait néanmoins constituer un obstacle à une utilisation plus large de pratique courante.

Toutes les observations que nous formulons doivent être considérées avec prudence. De plus amples recherches sont nécessaires afin d'établir des conclusions et des recommandations.

Se pose enfin la question du coût et de l'accessibilité à de tels équipements. Si cette pratique semble destinée à une certaine catégorie de patients (consultant des pédodontistes exclusifs), la généralisation de ces actes et, par voie de conséquence, la réduction de leur coût de production semble pouvoir faciliter leur accès à l'ensemble de la population à moyen terme.

Annexes

1. Synthèse des articles de type « études expérimentales »

Auteur principal	Contexte (in vivo/vitro, randomisation)	But de l'étude	Matériaux testés	Appareil CFAO
Burhardt ³¹	In vivo Etude randomisée	Comparaison du ressenti du patient entre empreinte conventionnelle et empreinte numérique	Sans objet	Cerec Omnicam® et Lava C.O.S.®
Simsek ³²	In vitro Etude randomisée	Comparaison de résistance à la fracture de matériaux de restauration issus de CFAO sur dents temporaires	Gradia direct composite® et Gradia indirect composite®, Vita Enamic®	Cerec Omnicam® et Cerec MC XL®
Choi ³³	In vitro Randomisation non précisée	Mesure de l'usure en cas d'antagonisme dents lactéales et polymères de restauration CFAO	Vipi Block Monocolor® Yamahachi PMMA® Mazic Duro® Vita Enamic® et Pekkton®	Non précisé

2. Synthèse des articles de type « Cas cliniques »

Auteur principal	Indication/application	Age du patient	Dents concernées	Appareil et procédé de CFAO	Matériaux de restauration utilisés	Apports	Suivi
Patroni ³⁴	Esthétique, agénésie d'incisive latérale, facettes	12 ans	14, 13, 11 et 21, 23, 24	CEREC Omnicam et SW [®] Technique directe	Vita Enamic [®]	Esthétique, Contention orthodontique	Non mentionné
Demirel ³⁵	Restauration d'une dent lactéale dans le cas d'agénésie du germe sous-jacent.	13 ans	85	CEREC Bluecam et MCXL [®] Technique directe	Lava Ultimate [®]	Maintient de l'espace, Fonction masticatoire	Contrôle à 3 ans (peu détaillé) : esthétique et fonction satisfaisantes
Zimmermann ³⁶	CFAO directe utilisée pour le traitement d'un enfant atteint d'amélogenèse imparfaite sous anesthésie générale	8 ans	1 ^e molaires définitives et molaires lactéales	CEREC Omnicam et MCXL [®] Technique directe	Lava Ultimate [®]	Aide dans la prise en charge d'un syndrome sévère chez un jeune enfant, Réalisation de prothèse sous anesthésie générale	Non mentionné
Bilgin ³⁷	Réalisation d'une endocouronne sur dent lactéale en matériau PICN	7 ans	85	CEREC MCXL [®] Technique indirecte	Vita Enamic [®]	Economie tissulaire Esthétique	Contrôle à 9 mois : RAS* au niveau pulpaire et péri-radriculaire, ajustage, et coloration stables
Halal ³⁸	Restauration de secteur esthétique, patient atteint d'amélogenèse imparfaite.	12 ans	de 13 à 23 et de 33 à 43	CEREC Software et MCXL [®] Technique directe	Vita Enamic [®]	Solution simple et rapide d'exécution	Suivi à 2 ans : décoloration mineure du matériau
Dursun ³⁹	Deux cas de réalisation d'onlays CFAO sur dents lactéales	Deux patientes de 7 ans	74 et 54	CEREC Omnicam [®] Technique directe	Lava Ultimate [®]	Economie tissulaire Esthétique par rapport à une CPP	Contrôle à huit mois : RAS*

*RAS : Rien A Signaler

Bibliographie

1. Naulin-Ifi C. *Odontologie Pédiatrique Clinique*. Editions CdP.; 2011.
2. Kagihara LE, Niederhauser VP, Stark M. Assessment, management, and prevention of early childhood caries. *J Am Acad Nurse Pract*. 2009;21(1):1-10.
3. Tirlet G, Attal J-P. Le gradient thérapeutique. Un concept médical pour les traitements esthétiques. *Information dentaire*. 2009;(41):2561-2568.
4. Young DA, Nový BB, Zeller GG, et al. The American Dental Association Caries Classification System for Clinical Practice. *J Am Dent Assoc*. 2015;146(2):79-86.
5. Guideline on Pediatric Restorative Dentistry. *Pediatr Dent*. 2013;35(6):226-234.
6. Prud'Homme T, Hyon I, Lusson C, Dajeau-Trutaud S, Lopez-Cazaux S. Utilisation de facettes composites préformées dans un cas de caries extensives chez l'adolescent. *Rev Francoph Odontol Pediatr*. 2015;10(2):56-61.
7. Innes NP, Ricketts D, Chong LY, Keightley AJ, Lamont T, Santamaria RM. Preformed crowns for decayed primary molar teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. December 2015.
8. Muller-Bolla M. *Fiches Pratiques d'odontologie Pédiatrique*. Edition CdP.; 2014.
9. Naulin-Ifi C. Maintien de l'espace et prothèse pédiatrique. In: *Odontologie Pédiatrique Clinique*. CdP. JPIO. ; 2011:155-173.
10. Huchon C, Vital S, Vanderzwaln-Gouvernaire A. La coiffe pédodontique préformée : quelle alternative esthétique? *Rev Francoph Odontol Pediatr*. 2012;7(1):23-28.
11. Cohn C. Zirconia-Prefabricated Crowns for Pediatric Patients With Primary Dentition: Technique and Cementation for Esthetic Outcomes. *Compend Contin Educ Dent* 15488578. 2016;37(8):554-558.
12. Holsinger DM, Wells MH, Scarbecz M, Donaldson M. Clinical Evaluation and Parental Satisfaction with Pediatric Zirconia Anterior Crowns. *Pediatr Dent*. 2016;38(3):192-197.
13. Naulin-Ifi C. Développement de l'enfant et approche comportementale au cabinet dentaire. In: *Odontologie Pédiatrique Clinique*. CdP. JPIO. ; 2011:1-11.
14. Berthet A, Desprez-Droz D, Manière M-C. *Le Traitement de La Douleur et de l'anxiété Chez l'enfant*. Paris: Quintessence International; 2007.

15. Roberts JF, Curzon MEJ, Koch G, Martens LC. Review: Behaviour Management Techniques in Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent Eur Acad Paediatr Dent*. 2010;11(4):166-174.
16. Tapie L, Lebon N, Attal J-P. La chaîne numérique en CFAO dentaire en prothèse conjointe. *Réalités Cliniques*. 2015;26(4):263-273.
17. 3Shape TRIOS® 3 Pod - Handle grip. <https://henryscheinequipmentcatalog.com/cad-cam/digital-impressioning/3shape-triosr-3-digital-impression-solution>.
18. Descamps F, Fages M. *La CFAO En Odontologie*. Ed. CdP.; 2016.
19. Bartala M, Duret F. *La CFAO Appliquée*. Editions Espace ID. Paris; 2014.
20. Produits Sirona Dental. <http://www.sirona-connect.fr>.
21. Guide de la CFAO dentaire. <http://www.cnifpd.fr/guidecfao.html>.
22. Descamps F. *Pratique de l'empreinte En Prothèse Fixée*. Vol 26. CdP.; 2012.
23. Rödiger M, Heinitz A, Bürgers R, Rinke S. Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions—a clinical comparative study. *Clin Oral Investig*. 2017;21(2):579-587.
24. Berger E, Moussally C. Interactions numériques: une nouvelle façon de communiquer entre praticiens et prothésistes. *Réalités Cliniques*. 2015;26(4):294-303.
25. Chouraqui J, Moussally C. Les différents systèmes d'empreinte optique : comment faire son choix? *Réalités Cliniques*. 2015;26(4):283-293.
26. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont*. 2018;27(1):35-41.
27. Arnetzl GV, Arnetzl G. Adhesive techniques and machineable high-performance polymer restorations for amelogenesis imperfecta in mixed dentition. *Int J Comput Dent*. 2011;14(2):129-138.
28. Stines SM. Pediatric CAD/CAM applications for the general practitioner. Part 1. *Dent Today*. 2008;27(9):130, 132-133.
29. Stines SM. Pediatric CAD/CAM applications for the general practitioner: part 2. *Dent Today*. 2008;27(10):162, 164, 166.
30. Millet C, Duprez J-P, Khoury C, Morgon L, Richard B. Interdisciplinary Care for a Patient with Amelogenesis Imperfecta: A Clinical Report. *J Prosthodont*. 2015;24(5):424-431.

31. Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer WJ, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2016;150(2):261-267.
32. Simsek H, Derelioglu S. In Vitro Comparative Analysis of Fracture Resistance in Inlay Restoration Prepared with CAD-CAM and Different Systems in the Primary Teeth. *BioMed Res Int*. 2016;2016:1-6.
33. Choi J-W, Song E-J, Shin J-H, Jeong T-S, Huh J-B. In Vitro Investigation of Wear of CAD/CAM Polymeric Materials Against Primary Teeth. *Materials*. 2017;10(12):1410.
34. Patroni S, Cocconi R. From orthodontic treatment plan to ultrathin no-prep CAD/CAM temporary veneers. *Int J Esthet Dent*. 2017;12(4):504-522.
35. Demirel A, Bezgin T, Akaltan F, Sarı Ş. Resin Nanoceramic CAD/CAM Restoration of the Primary Molar: 3-Year Follow-Up Study. *Case Rep Dent*. June 2017:1-5.
36. Zimmermann M, Koller C, Hickel R, Kühnisch J. Chairside treatment of amelogenesis imperfecta, including establishment of a new vertical dimension with resin nanoceramic and intraoral scanning. *J Prosthet Dent*. 2016;116(3):309-313.
37. Bilgin MS, Erdem A, Tanriver M. CAD/CAM Endocrown Fabrication from a Polymer-Infiltrated Ceramic Network Block for Primary Molar: A Case Report. *J Clin Pediatr Dent*. 2016;40(4):264-268.
38. Halal R, Nohra J, Akel H. Conservative anterior treatment with CAD-CAM technology and polymer-infiltrated ceramic for a child with amelogenesis imperfecta: A 2-year follow-up. *JPD*. 2017:1-3.
39. Dursun E, Monnier-Da Costa A, Moussally C. CFAO et lésions carieuses profondes sur dents temporaires. *Réalités cliniques*. 2015;26(4):304-312.
40. Wörtche R, Hassfeld S, Lux CJ, et al. Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2006;35(2):88-94.
41. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(5):673-682.

42. Johansson A, Haraldson T, Omar R, Kiliaridis S, Carlsson GE. An investigation of some factors associated with occlusal tooth wear in a selected high-wear sample. *Eur J Oral Sci.* 1993;101(6):407-415.
43. Choi J-W, Bae I-H, Noh T-H, et al. Wear of primary teeth caused by opposed all-ceramic or stainless steel crowns. *J Adv Prosthodont.* 2016;8(1):43-52.
44. Marniquet S, Attal J-P, Tapie L, Fron Chabouis H. Les matériaux usinables en dentisterie restaurative et en prothèse fixée. In: *La CFAO Appliquée.* ; 2015.
45. Facenda JC, Borba M, Corazza PH. A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al.* February 2018.
46. Bessadet M, Bonnet G, Batische C, Veyrone J-L. Empreinte optique et CFAO dans le traitement des dysmorphoses. L'exemple de la trisomie 21. In: *La CFAO Appliquée.* espace iD. Concepts. ; 2015:87-95.

Vu, Le Président du Jury,
Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,
Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,
Date, Signature :

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

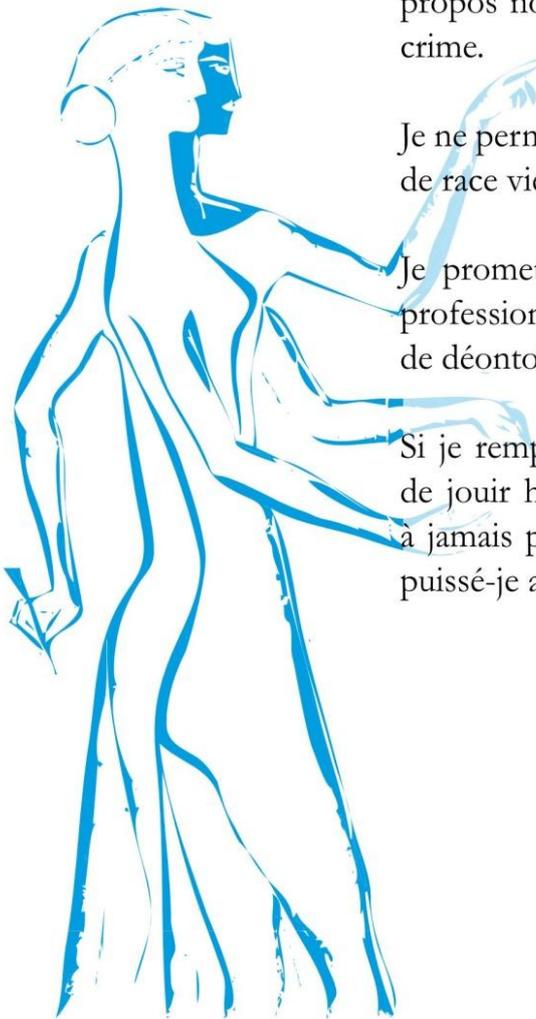
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honorée à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Titre : Odontologie pédiatrique : Quels intérêts à l'utilisation de la technologie CFAO ? Revue systématique de la littérature

Résumé :

La technologie CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) a permis une évolution dans la manière de concevoir et de fabriquer la prothèse fixée en odontologie (empreinte optique, modélisation 3D, ajustage, communication...). Ces techniques sont de plus en plus mises en œuvre chez les patients adultes, mais restent peu utilisées chez l'enfant. L'objectif de ce travail était de déceler, dans la littérature scientifique, les intérêts à l'utilisation de la CFAO en odontologie pédiatrique prothétique. Une recherche dans la base de donnée PubMed complétée par une recherche personnelle, a permis de sélectionner 9 articles correspondant à nos critères d'inclusion. Malgré un niveau de preuve scientifique globalement faible, il apparaît que l'usage de la technologie CFAO pourrait aider à améliorer la pérennité des restaurations et faciliter la communication avec l'enfant ainsi que sa prise en charge lors des étapes d'empreintes.

Mots clefs :

Odontologie pédiatrique, CFAO, prothèse dentaire, odontologie conservatrice, revue systématique de la littérature.

Title : Paediatric dentistry : What are the interests of using CAD-CAM technology ? A systematic literature review.

Summary :

The CAD-CAM technology (Computer-Aided Design - Computer-Aided Manufacture) led to an evolution in the way of conceiving and producing dental prosthesis (optical prints, numerical modelling, fit, communication...). These techniques are increasingly used in the adult patients but remain little employed in children. The aim of this study was to identify within the scientific literature, the interests of using the CAD-CAM technology in prosthetic paediatric odontology. A research in the PubMed database supplemented by a personal research, allowed the selection of 9 articles meeting our inclusion criterias. Despite a low standard of proof, it appears that the use of CAD-CAM technology may improve the sustainability of restaurative dental procedures and make easier the communication with children as well as facilitate their care in impressions making.

Key words :

Paediatric dentistry, CAD-CAM, dental prosthesis, conservative dentistry, systematic literature review.
