

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur C. TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur R. FRANK
Professeur M. LEIZE
Professeur Y. HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur W. BACON
Professeur H. TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme F. DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

V. BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
A. BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
F. CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
J-L. DAVIDEAU	Parodontologie
Y. HAIKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
O. HUCK	Parodontologie
M-C. MANIERE	Odontologie Pédiatrique
F. MEYER	Sciences Biologiques
M. MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
A-M. MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
C. TADDEI-GROSS	Prothèses
B. WALTER	Prothèses

Maîtres de Conférences

Y. ARNTZ	Biophysique moléculaire
S. BAHİ-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
L. BIGEARD	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Y. BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
F. BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
A. BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
O. ETIENNE	Prothèses
F. FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
C-I. GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
S. JUNG	Sciences Biologiques
N. LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
D. OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
M. SOELL	Parodontologie
D. WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale
E. WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

N. JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche
Ph. LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
H. LESOT	CNRS / Directeur de Recherche
M-H. METZ-BOUTIGUE	INSERM / Directeur de Recherche
P. SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'Unité
B. SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

Au président du jury,

Professeur Anne-Marie MUSSET

Professeur des Universités – Praticien hospitalier

Epidémiologie et santé publique en Médecine et Chirurgie Bucco-dentaires

Chef du Pôle de Médecine et Chirurgie Bucco-dentaires

Responsable des Consultations d'Accueil Santé Urgence

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie

Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et de juger mon travail. Merci pour tout le temps que vous m'avez accordé ainsi qu'à ce travail. Je vous prie de bien vouloir accepter ma considération la plus distinguée.

Au membre de jury,

Professeur Louis-Frédéric JACQUELIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des Centres de Soins,
d'Enseignement et de Recherche Dentaire dans la sous section d'Odontologie
Pédiatrique et Orthopédie Dento-Faciale, Département d'Odontologie Pédiatrique

Responsable du Département Odontologie Pédiatrique et Orthopédie Dento-Faciale

Diplômé d'Études et de Recherches en Sciences Odontologiques (D.E.R.S.O.)

Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches

Docteur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne

Commandeur des Palmes Académiques

“Si tu rencontres un homme de valeur, cherche à lui ressembler”,

Confucius.

Votre sagesse et votre éloquence m'ont toujours étonnées et continuerons à le faire.

Nous voilà déjà l'aube de ce nouveau cap que vous vous apprêtez à franchir. J'ai beaucoup appris à vos côtés et suis ravie d'avoir pu faire un bout de chemin en votre compagnie. Merci pour vos conseils quotidiens et pour votre participation à l'élaboration de ce mémoire.

Au co-directeur de thèse

Professeur François CLAUSS

Professeur des Universités – Praticien hospitalier

Certificat d'Études Supérieures de Pédiodontie-Prévention

Diplôme d'Université de Sédation pour les Soins Dentaires

Diplôme de Maîtrise en Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Études Approfondies (D.E.A) de Pharmacologie et Pharmacochimie

Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire, Université Louis Pasteur, Strasbourg

Vous me faites l'honneur d'apporter votre expérience à la critique de ce mémoire en siégeant dans mon jury de Thèse. Je vous remercie pour votre gentillesse, votre aide et vos conseils. Je vous prie de bien vouloir accepter ma respectueuse considération.

Au directeur de thèse,

Docteur Marie-Paule GELLE

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires, dans la sous-section d'Odontologie Pédiatrique et Orthopédie Dento-Faciale, Département Odontologie Pédiatrique

Diplômée d'Études Approfondies (D.E.A)

Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches

Docteur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne

“La connaissance de l'homme ne peut pas s'étendre au-delà de son expérience propre”, John Locke.

Vous avez su par votre richesse et votre expérience pousser ma connaissance à un tel point que ma soif n'en devint que plus grande. Vous avez volontiers vêtu l'étoffe de précepteur à mon égard pour ensuite la remplacer par celle d'une amie. Je suis ravie de continuer cette odyssee à vos côtés et sachez que même si à l'avenir les courants nous séparent, je ne serais jamais bien loin. Merci de m'avoir prise sous votre aile je vous en suis infiniment reconnaissante.

A mes chers parents Nadia et Abdelilah,

*Je sais à quel point à vos yeux ce jour est important,
C'est aussi l'aboutissement de tout un parcours.
Une sacré aventure vous a conduit jusqu'à ce jour,
Je suis comblée de vous avoir près de moi à présent.
Pour m'avoir soutenu tout au long de ce travail, merci.
merci d'avoir toujours été là mes chéris.
Je vous aime.*

A mon cher époux Gabriel,

*Pour m'avoir toujours épaulé merci,
Pour avoir supporté mes petites sautes d'humeur aussi.
Par ta présence tout paraît supportable,
Même les épreuves les plus rudes deviennent agréables.
Ensoleiller mes journées c'est ton état
Merci d'être toujours là.
« aishiteru, zuto ».
愛してるずっと*

A mon cher frère Yassine,

*Je sais que tu vas franchir un cap important
Dans ce parcours de combattant
Et je sais que tu le feras avec génie.
Je te remercie pour tous les moments de folie,
Ma reconnaissance envers toi est éternelle
Merci pour ton amour fraternel.
« one chan ».
おねちゃん*

A ma famille,

*A tous ceux qui n'ont pas pu être présents aujourd'hui mais qui le sont par la
pensée, merci pour vos vœux. Je suis heureuse d'avoir pu naître au sein d'une fa-
mille aussi solidaire et unie.*

A ma belle famille,

*Merci de m'avoir si chaleureusement accueillie et de m'avoir ouvert votre cœur.
J'ai eu la chance de pouvoir agrandir ma famille avec des membres tous
aussi solidaires. Merci de votre soutien.*

A Merem,

*Merci d'avoir su à chaque fois trouver les bons mots, merci pour ton soutien et
tous les bons moments qu'on a passé ensemble. Merci pour cette aventure qui m'a
mené vers une belle amitié. Bisous.*

A Alix, Joris, Marie, Marion, Nhat-Minh,

*Merci pour tous les bons moments passés ensemble et merci pour votre soutien.
Malgré nos agendas chargés je sais que nous réussirons à trouver un temps de
relâche.*

Aux enseignants,

*Merci pour toute l'aide que vous avez su me donner, si je suis devenue celle que je
suis aujourd'hui c'est en partie grâce à votre sagesse et votre richesse.*

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019

N°54

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le Vendredi 5 Juillet 2019

par

LOMRI, COUVE DE MURVILLE Houda

née le 03/11/1992 à Rabat

CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR

ET

REHABILITATIONS PROTHETIQUES EN ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE.

Président : PU-PH MUSSET Anne-Marie

Assesseurs : PU-PH JACQUELIN Louis-Frédéric

PU-PH CLAUSS François

MCU-PH GELLE Marie-Paule

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	9
2	CHAPITRE I : LA CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR.....	10
2.1	DEFINITION ET HISTORIQUE.....	10
2.2	LES GRANDES ETAPES DE LA CFAO	12
2.2.1	La numérisation.....	12
2.2.2	La conception (CAO).....	12
2.2.3	La fabrication (FAO).....	13
2.3	LES BLOCS CFAO.....	14
2.4	LES DEUX GRANDS MODES DE CFAO	16
2.4.1	Le mode direct : empreinte optique intrabuccale	16
2.4.2	Le mode indirect : empreinte physique intrabuccale	16
2.4.3	Les avantages et inconvénients de chaque technique	16
2.5	POINTS FORTS ET POINTS FAIBLES DE LA TECHNIQUE CFAO EN ODONTOLOGIE.....	18
2.5.1	Avantages	18
2.5.2	Inconvénients	19
2.5.3	Récapitulatif	20
2.6	LES DIFFERENTS SYSTEMES CFAO	20
2.7	APPLICATION DE LA CFAO EN ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE.....	22
3	CHAPITRE II : PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT ATTEINT D'AMELOGENESE IMPARFAITE DE TYPE HYPOMATURE PAR CFAO.....	24
3.1	EXAMENS CLINIQUES ET COMPLEMENTAIRES	27
3.1.1	Examens cliniques	28
3.1.2	Examens complémentaires	30
3.2	PLAN DE TRAITEMENT ET PRISE EN CHARGE	32
3.2.1	Phase 1 : Remontée de la DV	34
3.2.2	Phase 2 : Recouvrement des secteurs postérieurs	36
3.2.3	Phase 3 : Recouvrement des secteurs antérieurs	42
3.3	ANALYSE DE LA PRISE EN CHARGE	46

4	CHAPITRE III : PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT ATTEINT D'HYPOMINERALISATION MOLAIRES INCISIVES EN DENTURE MIXTE	48
4.1	EXAMENS CLINIQUES ET COMPLEMENTAIRES	50
4.1.1	Examens cliniques	50
4.1.2	Examens complémentaires	52
4.2	PLAN DE TRAITEMENT ET PRISE EN CHARGE	52
4.3	ANALYSE DE LA PRISE EN CHARGE	54
5	CHAPITRE IV : PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT ATTEINT DE DYSPLASIE ECTODERMIQUE ANHYDROTIQUE	56
5.1	EXAMENS CLINIQUES ET COMPLEMENTAIRES	57
5.1.1	Examens cliniques	57
5.1.2	Examens complémentaires	60
5.2	PLAN DE TRAITEMENT ET PRISE EN CHARGE	60
5.3	ANALYSE DE LA PRISE EN CHARGE	67
6	DISCUSSION.....	68
7	CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	70
8	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72
9	ANNEXES	76

LISTE DES ABREVIATIONS

AI : Amélogénèse imparfaite

ATM : Articulation temporo-mandibulaire

BCI : Bloc CFAO en céramique infiltrée

CFAO : Conception et fabrication assistée par ordinateur

CAO : Conception assistée par ordinateur

CHU : Centre hospitalo-universitaire

CPP : Coiffe pédodontique préformées

DEA : Dysplasie ectodermique anhydrotique

DP : Dents permanentes

DT : Dents temporaires

DV : Dimension verticale

DVO : Dimension verticale d'occlusion

EMP : Matrice extracellulaire protéique

FAO : Fabrication assistée par ordinateur

HA : Hydroxyapatite

MBD : Médecine Bucco-dentaire

MIH : Hypominéralisation molaires -incisives

MMP : Métalloprotéinases de la matrice extracellulaire

OP : Odontologie pédiatrique

PAC : Prothèse amovible complète

PAP : Prothèse amovible partielle

RMM : Relation maxillo-mandibulaire

TEGDMA : Triéthylène glycol diméthacrylate

TP : Processus de Tome

UDMA : Diméthacrylate d'uréthane

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Tableau résumant les avantages et inconvénients des techniques directe et indirecte de CFAO (p. 17).

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients de la technique CFAO (p. 20).

Tableau 3 : Étapes du plan de traitement établi pour Pierre (p. 33).

Tableau 4 : Tableau diagnostique permettant de déterminer le degré de sévérité de la MIH au niveau des premières molaires permanentes (p. 49).

Figure 1 : Exemple de système CFAO et de bloc CFAO (p. 11).

Figure 2 : Exemple de caméra optique intrabuccale (p. 12).

Figure 3 : Exemple d'une couronne obtenu après étape de CAO, interface d'un système (p. 13).

Figure 4 : Exemple d'une usineuse à usage dentaire (p. 13).

Figure 5 : Un bloc d'Enamic® VITA (p.14)

Figure 6 : Différents types d'amélogenèse imparfaite (p. 25).

Figure 7 : Schéma des étapes principales de l'amélogenèse (p.26).

Figure 8 : Photographies exobuccales du patient (p.28).

Figure 9 : Photographies endobuccales de Pierre (p. 29).

Figure 10 : Formule dentaire de Pierre (p. 30).

Figure 11 : Moulages en plâtre des arcades dentaires (p. 31)

Figure 12 : Examens radiographiques de Pierre (p. 31).

Figure 13 : Préparations coronaires périphériques réalisées sur les molaires temporaires (p 35).

Figure 14 : Mise en place des couronnes provisoires solidarisées qui ont servi à la remontée de DV (p. 35).

Figure 15 : Schéma explicatif du transfert sur articulateur du modèle maxillaire via l'arc facial (p. 37).

Figure 16 : Schéma explicatif de l'enregistrement de la RMM des secteurs 1 et 4 (p. 38).

Figure 17 : Mise en place du champ opératoire puis collage des overlays (p. 40).

Figure 18 : Mise en place des overlays sur toutes les molaires temporaires (p. 40).

Figure 19 : Réalisation des overlays sur 16, 26, 36 et 46 chez Pierre (p. 41).

Figure 20 : Schéma des contraintes de préparation rencontrées lors de la préparation des incisives mandibulaires permanentes (p. 42).

Figure 21 : Réalisation des couronnes antérieures mandibulaires par CFAO (p. 43).

Figure 22 : Réalisation des couronnes antérieures maxillaires par CFAO (p. 44).

Figure 23 : Résultats en fin de traitement (p. 45).

Figure 24 : Formule dentaire d'Éric (p. 50).

Figure 25 : Clichés photographiques endobuccaux d'Éric (p. 51).

Figure 26 : Examens radiographiques d'Éric (p. 52).

Figure 27 : Préparation coronaires périphériques pour overlays (p. 53).

Figure 28 : Mise en place des overlays sur les premières molaires permanentes (p. 54).

Figure 29 : Clichés photographiques de Martin (p. 58).

Figure 30 : Photographies intrabuccales de Martin (p. 59).

Figure 31 : Radiographie panoramique de Martin (p. 60).

Figure 32 : Montage directeur (p. 61).

Figure 33 : Préparations coronaires périphériques de 13, 16, 17, 23, 26 et 27 (p. 62).

Figure 34 : Réalisation des six overlays et des prothèses amovibles en résine (p.63).

Figure 35 : Mise en place du champ opératoire et pose des prothèses fixes et amovibles (p.64).

Figure 36 : Photographies des étapes de mise en place du vérin et des résultats finaux (p. 66).

1 INTRODUCTION

Les anomalies dentaires complexes, de nombre, de structure ou de forme, sont un véritable problème de santé publique, car elles ont des conséquences non négligeables tant sur le psychique que sur la qualité de vie des patients, et ce dès leur plus jeune âge (1). Cette prise en charge nécessite souvent une réhabilitation prothétique fixe et/ou amovible de plus ou moins grande étendue ; réhabilitation rendue plus ou moins complexe du fait que les enfants sont en phase de croissance staturale, osseuse, dentaire, fonctionnelle et psycho-affective.

Il est donc nécessaire que le praticien, au cours des différents traitements, tienne compte des facteurs pouvant influencer la croissance maxillo-faciale de la jeune enfance à l'adolescence. Mais d'autres facteurs sont à prendre en considération : l'éruption des organes dentaires, la morphologie et l'usure des dents temporaires, le degré de maturation corono-radiculaire des dents permanentes, la coopération de l'enfant... En effet, cette coopération est indispensable, sachant que l'enfant va être confronté à de nombreuses difficultés pouvant parfois aboutir à l'interruption du traitement : grand nombre de séances, réflexe nauséeux lors des empreintes physiques...

Pour optimiser cette prise en charge de l'enfant, la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) pourrait être une solution d'avenir. Si elle est peu utilisée à l'heure actuelle dans le cadre des restaurations amovibles de grande étendue (paramètre de compressibilité des muqueuses non encore intégré dans les logiciels de modélisation), elle trouve tout son intérêt en prothèse fixée. Ceci est d'autant plus vrai chez l'enfant car cette technique permet de diminuer le nombre de séances au fauteuil et de s'affranchir des empreintes physiques. Associée à des matériaux hybrides tel que l'Enamic[®], la CFAO devrait permettre de réaliser des restaurations esthétiques fixes de faible épaisseur répondant ainsi au principe d'économie tissulaire. C'est d'autant plus important lorsqu'il s'agit de dents permanentes immatures(2) (2). Au cours de ce mémoire, nous nous proposons de démontrer par des exemples concrets que la technologie CFAO associée au matériau Enamic[®] s'inscrit parfaitement dans le gradient de prise en charge des enfants nécessitant des réhabilitations prothétiques.

2 CHAPITRE I : LA CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR

2.1 Définition et historique

La fabrication d'éléments prothétiques par le biais de la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) nécessite trois étapes :

- Acquisition de données : numérisation par empreinte optique intrabuccale ou par un scannage des moulages en plâtre.
- Conception assistée par ordinateur (CAO) : ensemble d'outils et de programmes informatiques spécialisés permettant d'assister le manipulateur dans la conception d'un produit.
- Fabrication assistée par ordinateur (FAO) : ensemble d'outils informatiques qui assistent le manipulateur dans la mise en marche du processus de fabrication, via l'automatisation d'une cascade de fabrication à partir de données CAO.

La synthèse de la CAO et de la FAO permet, sans interruption de la chaîne de transmission des informations, de concevoir la forme d'une pièce et de réaliser diverses opérations d'usinage sur une machine dénommée usineuse.

La CFAO a été développée dans les années 60 pour servir les domaines de l'aviation et de l'automobile et la technologie a été empruntée une dizaine d'années plus tard par le domaine dentaire. Le Dr François Duret fut le premier chirurgien-dentiste au monde à développer un système capable de fabriquer des couronnes dentaires à partir d'une empreinte optique (3). Dans un premier temps, la CFAO a été conçue et utilisée exclusivement chez les adultes. Cette technologie a été développée en odontologie afin de résoudre les challenges suivants (3) :

- Assurer une bonne résistance des restaurations, surtout au niveau des secteurs postérieurs ;
- Créer des restaurations plus rapides et plus précises, tout en conservant un aspect naturel.

Si cette technique d'avenir attire de plus en plus de jeunes praticiens, elle est encore peu utilisée chez les jeunes patients (4). Toutefois, son utilisation en odontologie pédiatrique tend à augmenter dans le cadre des activités des centres hospitalo-universitaires (CHU).

Tous les systèmes CFAO utilisés ont globalement la même présentation :

- Un kart qui comporte un ordinateur portable avec un moniteur,
- Une caméra optique portable filaire ou wifi,
- Une usineuse (figure 1a).

Les pièces sont usinées à partir d'un bloc de CFAO (figure 1b) dont le matériau varie selon la décision du chirurgien-dentiste.

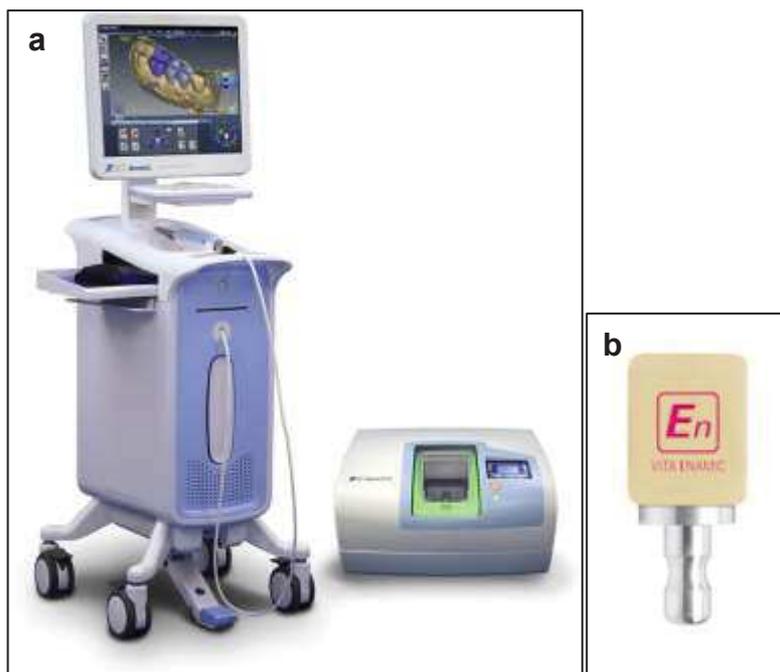


Figure 1 : Exemple de système CFAO et de bloc CFAO. a) Le système CFAO dentaire E4D avec usineuse (3). b) Un bloc CFAO de VITA®.

2.2 Les grandes étapes de la CFAO

2.2.1 La numérisation

La numérisation se fait par scannage rapide des surfaces dentaires. La tête de la caméra optique intrabuccale est placée en bouche au-dessus des surfaces à scanner. Elle analyse les dents selon les trois axes de l'espace, et transforme les données physiques en données numériques. Cette étape peut nécessiter pour certains systèmes CFAO un poudrage préalable des surfaces dentaires. Les images enregistrées au fur et à mesure par la caméra optique sont affichées extemporanément sous forme d'images continues (format proche de la vidéo), sur le moniteur du kart en 2D/3D selon le système (2). La numérisation peut également se faire sur un moulage en plâtre via un scanner extra-oral.



Figure 2 : Exemple de caméra optique intrabuccale (Medicalexpo) (2)

A noter qu'à l'heure actuelle, il n'existe pas de dispositif permettant de réaliser des empreintes optiques chez le jeune enfant, du fait de la taille inadaptée de l'embout des caméras.

2.2.2 La conception (CAO)

Après obtention des données informatiques, l'étape CAO se fait grâce à un logiciel du moniteur qui permet de visualiser en 3D la préparation dentaire. Avec ce logiciel, il est

possible de visualiser et de confirmer les limites de la future prothèse, étape précédant la modélisation en 3D de l'élément prothétique (figure 3).



Figure 3 : Exemple d'une couronne obtenu après étape de CAO, interface d'un système CEREC® (2)

2.2.3 La fabrication (FAO)

Après validation de l'étape de CAO, l'ensemble des données sont envoyées à l'usineuse pour la fabrication de l'élément prothétique. Un bloc CFAO est placé dans l'usineuse (figure 4). Une fois la pièce usinée, il est nécessaire de la polir après l'avoir détaché de son bloc d'usinage.



Figure 4 : Exemple d'une usineuse à usage dentaire (CS 3000) (2)

2.3 Les blocs CFAO

Pour l'usinage des prothèses, il est possible d'utiliser des blocs CFAO de différentes natures : résine, composite, matériau hybride et céramique (feldspathique, vitrocéramique...) (annexe 1) (figure 5).

Dans le cadre de ce mémoire, nous allons développer plus particulièrement le matériau hybride que nous avons utilisé pour l'ensemble des patients traités : l'Enamic® de chez VITA (Allemagne).

L'Enamic® commercialisé en 2013 (figure 5), est la première céramique dentaire réellement hybride utilisée pour les restaurations en CFAO (2). Il est composé d'une céramique qui s'apparente à une céramique feldspathique à structure fine, dopée à l'oxyde d'aluminium (86% du poids, 75% du volume). Cette céramique poreuse est infiltrée de polymères pré-polymérisés associant de l'UDMA et TEGDMA (14% du poids, 25% du volume) polymérisés à haute température et haute pression, ce qui augmente les propriétés mécaniques et physiques de la résine (annexe 2). Cette polymérisation à haute pression (250-300 MPa) et haute température (180°C) permet de diminuer le relargage des monomères résiduels, améliorant la liaison entre les charges et la résine, et assurant une meilleure biocompatibilité (2).



Figure 5 : Un bloc d'Enamic® (VITA) (2).

Ce matériau hybride présente un certain nombre d'avantages, comparé à d'autres matériaux utilisés en CFAO :

- Une teinte plus constante dans le temps, comparée à celle des blocs en composite (5)
- Un état de surface à long terme plus lisse que les blocs en résine pure,
- Un module d'élasticité proche de celui de la dentine (2,6). Le module d'élasticité de l'Enamic® (24 GPa) est très inférieur à celui des céramiques traditionnelles (environ 80 GPa). Cela en fait un matériau plus élastique qui peut absorber les contraintes occlusales, ce qui réduit le risque de fracture (2). L'Enamic® est moins abrasif que les céramiques traditionnelles, et son comportement à l'usure est proche de celui de l'émail, diminuant le risque d'usure des dents antagonistes (2).
- Des propriétés mécaniques et physiques permettant une plus grande résistance à la fracture et à la fatigue, comparé à une céramique pure (2,7).
- Une meilleure aptitude à l'usinage, comparé à la céramique, car il est possible de l'usiner en faible épaisseur de l'ordre de 0.3mm, ce qui est inatteignable avec des céramiques pures (8).

A noter que ces matériaux hybrides usinables présentent une meilleure compatibilité biologique que les composites utilisés en méthode directe, du fait qu'ils sont hautement polymérisés (9). Cependant, il reste toujours quelques polymères, ce qui implique que les céramiques restent actuellement les matériaux les plus compatibles car chimiquement inertes (7).

2.4 Les deux grands modes de CFAO

Il existe deux grands modes de CFAO : direct et indirect. Nous distinguons principalement ces deux modes, en fonction du lieu où se déroulent les différentes étapes de la chaîne (dans le cabinet ou en dehors).

2.4.1 *Le mode direct : empreinte optique intrabuccale*

Le praticien réalise une prise d'empreintes optiques au fauteuil, à l'aide de la caméra intrabuccale, puis, s'il le désire, il peut immédiatement modéliser la pièce prothétique, l'usiner puis réaliser la pose de celle-ci dans la même séance.

Si les étapes de CAO et FAO sont réalisées dans un laboratoire de prothèse et que seule la numérisation est réalisée au cabinet, la technique est définie comme semi-directe, car deux séances seront nécessaires (2).

2.4.2 *Le mode indirect : empreinte physique intrabuccale*

Une empreinte physique est réalisée sur le patient à l'aide des matériaux conventionnels, puis elle est envoyée au laboratoire de prothèse. Le prothésiste coule en plâtre le jeu d'empreintes, puis scanne les modèles obtenus à l'aide d'un scanner optique exobuccal, afin d'intégrer les informations dans les logiciels informatiques pour modélisation, usinage et polissage. Un maquillage est envisagé si nécessaire.

2.4.3 *Les avantages et inconvénients de chaque technique*

Le tableau 1 présente les principaux avantages et inconvénients des techniques décrites précédemment.

Technique	Avantages	Inconvénients
D I R E C T	<ul style="list-style-type: none"> - Affranchissement du réflexe nauséux et augmentation du confort du patient grâce à l’empreinte optique. - Affranchissement possible de l’étape de restauration provisoire. - Empreinte précise lorsqu’elle est réalisée dans de bonnes conditions. - Possibilité de réaliser des corrections extemporanées de la préparation dentaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d’une grande ouverture buccale. - Nécessité d’une bonne coopération de la part du patient.
I N D I R E C T	<ul style="list-style-type: none"> - La précision de l’empreinte est moins sensible à la salive et/ou au sang qu’une empreinte optique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possible réflexe nauséux induit par les matériaux physiques d’empreinte. - Passage obligatoire par une étape de restauration provisoire. - Deux séances nécessaires pour la réalisation de la prothèse et sa pose. - Pas de correction possible de la préparation dentaire après prise d’empreintes pour des défauts non visibles à l’œil nu, pas de moyens d’évaluation (hormis disponibilité d’aides optiques au cabinet).

Tableau 1 : Tableau résumant les avantages et inconvénients des techniques directe et indirecte de CFAO.

2.5 Points forts et points faibles de la technique CFAO en odontologie

2.5.1 Avantages

La technique CFAO possède de nombreux avantages, elle permet (3) :

- une **augmentation de la rapidité d'exécution et un gain de temps et d'étapes**. Les empreintes optiques offrent la possibilité de réaliser des empreintes plus rapidement et plus facilement. La coulée des modèles, la réalisation des wax-ups en cire au laboratoire et la cuisson sont des étapes dont la CFAO permet de s'affranchir. Elle permet aussi une conception et une fabrication plus rapides des prothèses dentaires : à titre d'exemple, l'usinage d'une couronne avec un recouvrement total des surfaces dentaires dure 6 minutes.
- des **empreintes optiques plus précises que les empreintes physiques**. En effet, les empreintes physiques peuvent générer des tirages des matériaux, et des bulles peuvent être observées après coulée des modèles en plâtre. Les mesures prises et la fabrication en technique CFAO sont plus précises, particulièrement au niveau des limites cervicales. Il est également possible de réaliser des restaurations de plus faible épaisseur, selon le matériau de restauration choisi, allant ainsi dans le sens de l'économie tissulaire.
- Un **stockage des empreintes des patients sans perte d'information, dont la seule limite est la mémoire numérique**. Cela permet de respecter les normes du dossier médical du patient, tout en réglant la capacité de stockage physique des moulages. Cela permet de s'affranchir du risque de fracture et de perte d'information des modèles.

2.5.2 Inconvénients

Toutefois la CFAO présente des inconvénients qui inquiètent des praticiens (3).

Le problème majeur du système CFAO est son **coût initial à l'acquisition**. En moyenne il faut compter 90 000 à 110 000 euros pour l'achat d'un système CFAO complet avec son usineuse. En choisissant de n'effectuer que les empreintes optiques sans usineuse, il faut compter 20 000 à 40 000 euros en moyenne pour une caméra optique.

Il y a aussi le problème de la **courbe d'apprentissage**. Avant l'acquisition d'un système CFAO, il est indispensable de se former à cette technologie et de pratiquer suffisamment pour être à l'aise avec les systèmes et atteindre une bonne qualité de travail (10).

La CFAO **ne permet pas de s'affranchir des traitements tissulaires parfois nécessaires au préalable** à une empreinte : aménagement des tissus mous, hémostase et rétraction gingivale.

L'utilisation de ce système impose **une rigueur de préparation nécessaire à la bonne lecture des limites par la caméra optique** (2). Ceci n'est pas toujours évident à réaliser, d'autant plus sur des jeunes patients un peu agités.

Une des limites de la technique CFAO est qu'elle **ne tient pas compte de la compressibilité des muqueuses** lors de la réalisation des empreintes optiques, ce qui limite actuellement son utilisation pour des prothèses amovibles de grande étendue.

Aussi se pose le **problème de la rentabilité**. Un praticien qui ne possède pas dans sa pratique habituelle un volume assez important de restaurations aura des difficultés à rentabiliser son investissement.

2.5.3 Récapitulatif

Le tableau 2 résume les principaux avantages et inconvénients de la technologie CFAO en dentaire.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Rapidité d'exécution.- Gain de temps et d'étapes.- Augmentation de la précision des éléments prothétiques fabriqués.- Empreintes optiques très précises.- Stockage numérique quasi sans limite et sans perte d'information.- Possibilité d'usinage en faible épaisseur si associée à un matériau hybride	<ul style="list-style-type: none">- Coût initial à l'acquisition.- Courbe d'apprentissage.- Ne permet pas de s'affranchir des traitements tissulaires pré-prothétiques parfois nécessaires.- Ne tient pas compte de la compressibilité des muqueuses.- Rentabilité incertaine.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients de la technique CFAO.

2.6 Les différents systèmes CFAO

Actuellement, il existe neuf systèmes de CFAO à usage dentaire (2).

Le système CEREC® (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramic) de Sirona a été le premier système à combiner un scannage numérique avec une unité de fraisage. Il est actuellement le leader sur le marché de la CFAO. Il est essentiellement utilisé pour les inlays/onlays, les facettes et les couronnes unitaires. Ce système est disponible au Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Reims. Depuis 2015, ce système est également utilisé en orthodontie.

Le système True Definition Scanner (TDS®) de 3M-ESPE succède au système Lava commercialisé précédemment. Il a la particularité de réaliser une empreinte optique en vidéo. Cependant, il nécessite un poudrage préalable des surfaces dentaires et ne possède pas d'usineuse CFAO associée. Il est toutefois compatible avec d'autres

usineuses CFAO. Il est utilisé pour la prothèse fixée, la prothèse implantaire et l'orthodontie.

Le système TRIOS® de 3Shape possède une caméra qui peut être connectée à un kart à roulette ou à un ordinateur personnel. L'enregistrement se fait de manière continue et ne nécessite pas de poudrage préalable. Ce système est utilisé pour la réalisation d'inlays/onlays, d'inlay-cores, de prothèses fixées, en implantologie et en orthodontie. Il est également disponible au CHU de Reims.

Le système ITERIO® Element d'Align Technology est utilisé pour la réalisation d'inlays/onlays et de prothèses fixées. Il possède un système de CAO qui peut être installé sur un kart à roulette ou sur un plan de travail. Ce système ne nécessite pas de poudrage, et l'enregistrement se fait de manière continue.

Le système CS 3500® de Carestream possède une caméra optique capable de se connecter sur tout ordinateur via un port USB configuré. L'acquisition se fait image par image mais ne nécessite pas de poudrage préalable. Son utilisation est orientée vers la prothèse sur implant et l'orthodontie.

Le système PlanScan® de Planmeca est réservé aux restaurations dentaires type inlays/onlays, aux prothèses fixées, aux prothèses sur implants et à l'orthodontie. Sa caméra optique est connectable sur ordinateur, l'acquisition des images se fait de manière continue et aucun poudrage préalable n'est nécessaire.

L'utilisation du **système Zfx®** de Zimmer Biotech est orientée vers la dentisterie restauratrice et prothétique et les prothèses sur implants. La caméra optique se relie à un ordinateur via un port USB et l'acquisition se fait image par image sans poudrage préalable.

Le système DWIO® de Dental Wings a pour particularité de posséder un système de commande à distance par capteur vocal ou par capteur de mouvements. L'acquisition des images se fait de manière continue, mais un poudrage préalable des surfaces est nécessaire. Ce système est utilisé pour la dentisterie restauratrice et prothétique.

Le système Condor® de MFI est le système qui a été mis en place par le Dr François Duret. Sa caméra optique est considérée comme la plus petite et la plus légère du marché. Elle possède deux caméras optiques à son extrémité, ce qui lui permet à la fois de visualiser et de scanner. L'empreinte optique est facilitée grâce à un système

de rails qui permet de guider la caméra et de la maintenir à bonne distance par rapport aux dents. Pour ce système, l'acquisition se fait de manière continue et ne nécessite pas de poudrage. Ce système est réservé à la dentisterie restauratrice et aux prothèses fixes.

2.7 Application de la CFAO en Odontologie Pédiatrique

La CFAO trouve tout son intérêt en odontologie pédiatrique, lors de prises en charge complexes nécessitant une réhabilitation partielle ou parfois complète des arcades dentaires par le biais d'overlays, de coiffes ou de couronnes. (11).

Les enfants trouvent un aspect ludique à réaliser les empreintes optiques, car ils peuvent observer en temps réel sur l'écran du kart les empreintes effectuées par le praticien. Leur coopération sera ainsi plus facile à obtenir. De même, l'affranchissement du réflexe nauséeux est un confort supplémentaire pour nos jeunes patients.

Il convient de noter que la CFAO reste encore peu utilisée chez les enfants nécessitant une réhabilitation prothétique. C'est pourquoi nous avons choisi de consacrer les chapitres suivants à la prise en charge de trois jeunes patients atteints de pathologies dentaires complexes, pour lesquels la CFAO a permis de rétablir une bonne qualité de vie.

3 CHAPITRE II : PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT ATTEINT D'AMELOGENESE IMPARFAITE DE TYPE HYPOMATURE PAR CFAO

Pierre, 7 ans, se présente avec ses parents au Pôle de Médecine Bucco-Dentaire du Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Reims en Novembre 2016. Son chirurgien-dentiste nous l'a adressé, car il suspecte une amélogénèse imparfaite (AI). Effectivement, les premiers examens cliniques laissent penser qu'il s'agit d'une AI de type hypomature.

L'amélogénèse imparfaite correspond à une anomalie du développement d'origine génétique affectant la structure et l'apparence clinique de l'émail, de toutes ou de quasiment toutes les dents temporaires et/ou permanentes de façon plus ou moins homogène (12,13). L'AI peut se manifester de manière isolée ou syndromique (14). La prévalence de la maladie varie de 1/700 à sur 1/14 000 naissances en fonction des populations étudiées ; sa prévalence en France n'est pas connue à ce jour (13). Plusieurs gènes peuvent être impliqués et tous les modes de transmissions sont possibles (12). Il existe différentes classifications basées soit sur le phénotype dentaire, soit sur le mode de transmission, soit sur l'étude moléculaire. Il est décrit dans la littérature quatre formes cliniques selon la classification de Witkop modifiée de 1988 (15,16):

- Le phénotype **hypoplasique correspond à un défaut quantitatif de l'émail**. La surface amélaire peut être lisse ou rugueuse et peut présenter des stries ou des puits (13,17) (figure 6a). La teinte est normale. Si l'émail est dur au sondage et sa densité radiologique est équivalente à celle d'un émail sain, son épaisseur est cependant très fine. Ce phénotype est la conséquence d'anomalies surgissant au stade de sécrétion des améloblastes lors de l'amélogénèse (figures 7a-b).
- Le phénotype **hypomature correspond à un défaut qualitatif de l'émail**. L'émail est brun, blanc crayeux et opaque (figure 6c). Il est assez dur au sondage ; cependant sa densité radiographique est diminuée. Sur le plan histologique, la partie protéique de la matrice amélaire n'est pas complètement résorbée lors de la phase de maturation (figure 7d).

- Le phénotype **hypominéralisé** correspond à un défaut qualitatif de l'émail. L'émail est d'épaisseur normale, mou, de couleur jaune à brun et se clive rapidement (figure 6b). Cette anomalie résulte d'un défaut de minéralisation de la matrice amélaire à la suite d'un apport insuffisant en ions minéraux au cours de l'amélogenèse (figure 7d).
- Phénotype **hypomature** ou **hypoplasique** avec **taurodontisme**.



(CHU de Reims, Pôle Médecine Bucco-Dentaire)



(CHU de Reims, Pôle Médecine Bucco-Dentaire)

Figure 6 : Différents types d'amélogenèse imparfaite. **a)** Type hypoplasique (17). **b)** Type hypominéralisé (photographie Dr Gellé M-P.). **c)** Type hypomature (photographie COUVE DE MURVILLE H.)

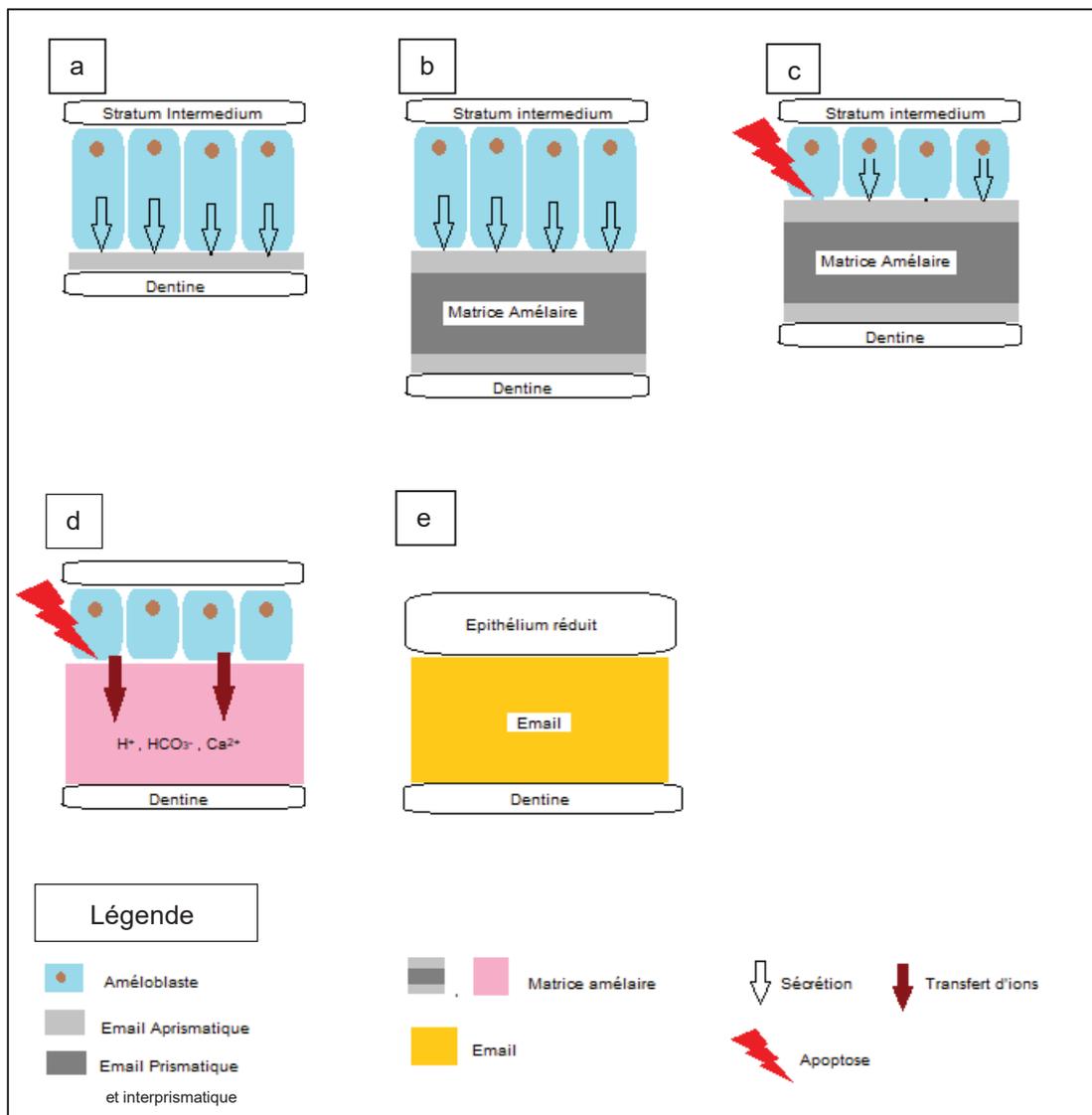


Figure 7 : Schéma des étapes principales de l'amélogenèse (schéma modifié, Smith et al. (15)). **a-b)** Stade de Sécrétion : sécrétion d'une matrice extracellulaire protéique (EMP) par les améloblastes tout en s'éloignant de la dentine. A ce stade la matrice amélaire a atteint son épaisseur finale, elle est très protéique et peu minéralisée. **c)** Stade de Transition : Réduction de la population d'améloblastes par apoptose et réduction du volume cellulaire des améloblastes restants. **d)** Stade de Maturation : Les fortes variations de pH et mouvements d'ions bicarbonate (HCO_3^-) et calcium (Ca^{2+}) vont participer à la croissance en largeur et en épaisseur des cristaux d'hydroxyapatite (HA). La partie protéique de la matrice amélaire est ensuite résorbée, laissant place au fur et à mesure aux cristaux HA pour devenir une matrice totalement minéralisée. **e)** Stade post maturation.

L'AI n'est pas une pathologie dentaire simple. Il convient de tenir compte des conséquences de ces défauts d'émail et de la souffrance quotidienne des patients. La prise en charge des enfants atteints d'AI est une mission de santé publique. Des études ont montré que, chez ces jeunes enfants, la qualité de vie est considérablement altérée en l'absence de prise en charge (18). Ces enfants souffrent de sensibilités au froid et au chaud et des troubles masticatoires (19) avec parfois une dénutrition. Ces sensibilités rendent également le brossage difficile, conduisant à une hygiène bucco-dentaire déficiente, favorable au développement des maladies carieuses et parodontales. La perte de dimension verticale (DV), consécutive à la forte usure des surfaces dentaires, peut provoquer l'apparition de dysfonctions de l'appareil manducateur. Les enfants se plaignent également de l'aspect inesthétique de leurs dents, cause de problèmes sociaux (15).

Du fait de l'inflammation pulpaire chronique, l'anesthésie locale peut parfois s'avérer inefficace. Il convient alors de réaliser une anesthésie loco-régionale ou intra-osseuse.

Lors de la prise en charge d'un enfant atteint d'AI, il faut se souvenir que la dentine sous-jacente à cet émail pathologique est histologiquement modifiée. La perte de l'émail met à nu la dentine, de facto exposée dans le milieu buccal. Cette dentine présente un niveau de minéralisation semblable à une dentine sclérotique, la dentine péri-tubulaire est plus épaisse et une oblitération partielle des tubulis dentinaires par des sels minéraux est observée. De ce fait, la phase de collage d'une restauration directe (composite) ou indirecte (élément prothétique) peut être significativement impactée (20).

3.1 Examens cliniques et complémentaires

Pierre ne présente aucun antécédent médical ni chirurgical, il est le deuxième d'une fratrie de deux garçons. Concernant l'historique familial, les parents ne présentent aucun défaut de formation dentaire, aucune pathologie générale. En revanche, nous avons diagnostiqué chez son frère une hypominéralisation molaire-incisive (MIH) sur les quatre premières molaires et les incisives maxillaires et mandibulaires. Les doléances de Pierre le jour de la consultation concernaient des sensibilités au froid sur

toutes les dents, et plus particulièrement au niveau des dents des secteurs antérieurs maxillaire et mandibulaire.

3.1.1 Examens cliniques

A l'examen exobuccal nous observons (figure 8) :

- Une légère perte de la dimension verticale (DV),
- Des orifices nasaux larges témoignant d'une ventilation nasale physiologique,
- Des muscles masticateurs puissants,
- Des articulations temporo-mandibulaires (ATMs) ne déclenchant aucune algie, ni déviation du chemin d'ouverture/fermeture.

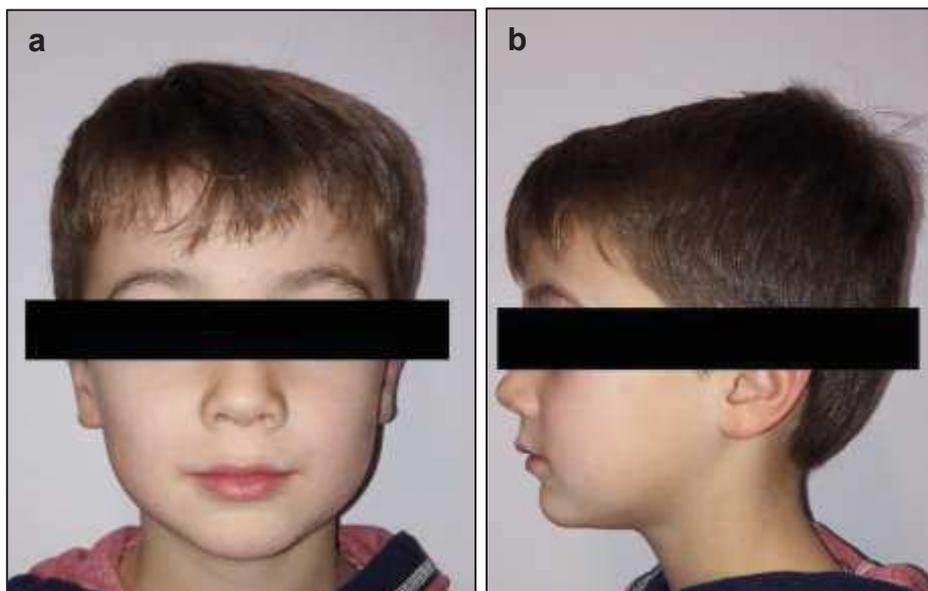


Figure 8 : Photographies exobuccales du patient. a) Vue de face. b) Vue de Profil.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle Médecine Bucco-dentaire (MBD).

L'examen des fonctions orales révèle une perturbation de la fonction masticatoire avec un cycle masticatoire unilatéral et l'impossibilité de mastiquer un certain nombre d'aliments, du fait des sensibilités au froid.

L'analyse des parafunctions indique la présence d'un bruxisme (la mère souligne entendre parfois son enfant grincer fort des dents la nuit), ainsi qu'une pulsion linguale modérée.

A l'examen inter-arcades nous constatons (figures 9a-b) :

- Une forte abrasion associée à une perte de la DV,
- Un plan droit de Chapman,
- Une Classe I d'Angle molaire

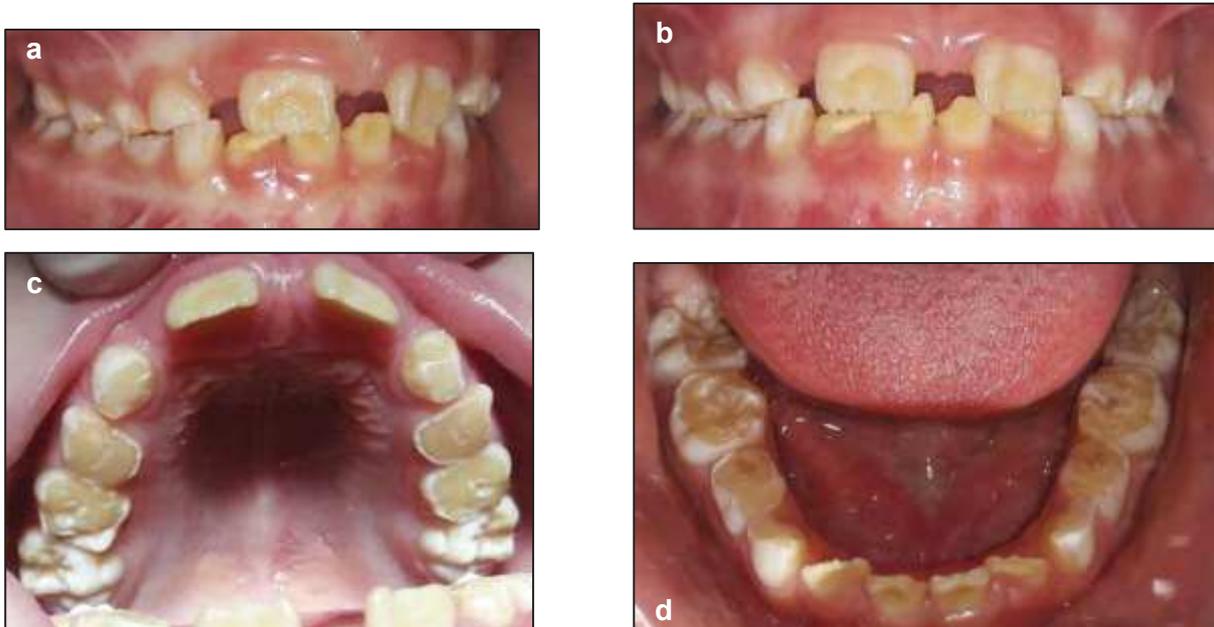


Figure 9 : Photographies endobuccales de Pierre : **a)** cliché en occlusion centrée, **b)** cliché en latéralité droite, **c)** photographie de l'arcade maxillaire, **d)** photographie de l'arcade mandibulaire.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

A l'examen endobuccal nous notons (figures 9c-d et 10) :

Formule dentaire									
16				11		21			26
	55	54	53				63	64	65
<hr/>							<hr/>		
	85	84	83				73	74	75
46				42	41		31	32	36

Figure 10 : Formule dentaire de Pierre.

- Des arcades en phase d'édification de la dentition mixte (selon DEMOGE).
- 11 et 21 présentant une importante perte de substance vestibulaire avec des couronnes dentaires en forme de pelle,
- Une forte abrasion des pointes canines et des faces occlusales des molaires temporaires (à l'exception de la cuspide disto-palatine de la 55),
- Un émail fin, blanc crayeux et lisse,
- L'absence de foyers infectieux,
- La présence de tartre en lingual et vestibulaire des incisives mandibulaires.

Pierre a une hygiène bucco-dentaire satisfaisante, il ne présente aucune carie en bouche et la présence de tartre au niveau des incisives s'explique par les sensibilités dentinaires.

3.1.2 Examens complémentaires

L'examen des moulages en articulateur permet de mieux étudier la situation bucco-dentaire : une forte usure de l'ensemble de la denture temporaire et une perte de DV (Figure 11a).

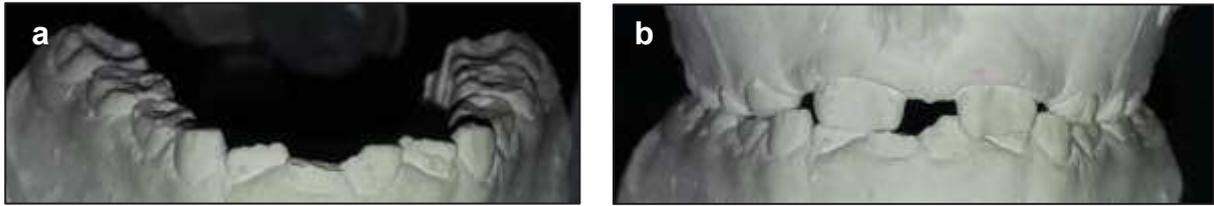


Figure 11 : Moulages en plâtre des arcades dentaires : **a)** moulage mandibulaire, **b)** mise en articulateur des moulages maxillaire et mandibulaire.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

Concernant l'occlusion en dynamique, il y a des fonctions de groupes à droite et à gauche, un guide antérieur perturbé et un cycle masticatoire vertical.

L'orthopantomogramme confirme la présence d'un émail avec une densité radiographique plus faible que celle d'un émail physiologique, l'absence d'agénésie, l'absence d'infection périapicale et la présence de cryptes osseuse au niveau de 38 et 48 (figure 12a).

La téléradiographie de profil indique qu'il n'y a pas de décalage important entre les deux bases osseuses (maxillaire et mandibule), et que le patient présente des sinus maxillaires sains et bien développés (figure 12b).



Figure 12 : Examens radiographiques de Pierre. **a)** Radiographie panoramique. **b)** Téléradiographie de profil. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

3.2 Plan de traitement et prise en charge

Après analyse de l'ensemble des éléments et de l'anamnèse le diagnostic clinique d'amélogénèse imparfaite de type hypomature est posé. Pour confirmer ce diagnostic et connaître le mode de transmission, un prélèvement salivaire a été réalisé auprès de Pierre, son frère et ses parents, pour analyse génétique au Centre de Référence des Maladies Rares du réseau O-RARES de Strasbourg (CRM O-RARES).

Une fois tous ces éléments pris en compte, un plan de traitement comportant plusieurs étapes est proposé (tableau 3). Il convient de noter que Pierre présente une occlusion en intercuspidie maximale que nous avons conservé.

Ce plan de traitement (tableau 3) permet de répondre aux objectifs thérapeutiques suivants :

- Soulager le patient en éliminant les sensibilités au froid.
- Restaurer une DV optimale.
- Restaurer la fonction masticatoire et l'esthétique du sourire.
- Protéger les organes dentaires.
- Corriger les parafonctions : pulsion linguale, bruxisme.
- Favoriser une émergence optimale de l'ensemble des dents.
- Permettre une croissance optimale de l'enfant et de ses bases osseuses, en concertation avec les praticiens du département d'Orthodontie du CHU de Reims.

Phases	Moyens
<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la DV pour pallier l'usure dentaire pathologique. - Libération des secteurs postérieurs pour favoriser l'éruption des premières molaires permanentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remontée progressive de la DV par mise en place de couronnes provisoires, puis ajout incrémental de résine sur les faces occlusales des couronnes provisoires.
<ul style="list-style-type: none"> - Protection des organes dentaires des secteurs postérieurs. - Calage de la DV. - Restauration de la fonction masticatoire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'overlays à la DV déterminée, sur toutes les molaires temporaires. - Réalisation d'overlays par technique CFAO sur les premières molaires permanentes après mise en occlusion.
<ul style="list-style-type: none"> - Protection des secteurs antérieurs. - Restauration de l'esthétique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de composites antérieurs au niveau des incisives permanentes maxillaires pendant la phase de remontée de DV, afin de pallier les douleurs au froid, dans l'attente des restaurations permanentes. - Mise en place dans un temps ultérieur, de couronnes réalisées par CFAO.

Tableau 3 : Étapes du plan de traitement établi pour Pierre.

Mise à part les overlays, il existe d'autres solutions permettant de recouvrir les dents postérieures, notamment les coiffes pédodontiques préformées (CPP), sous trois formes : CPP métalliques, CPP métalliques avec incrustation vestibulaire de céramique et CPP zircone (21). Les CPP en zircons sont trop rigides et les CPP métal trop molles.

Pour notre patient qui souffre également de bruxisme il a paru plus intéressant d'opter pour une solution intermédiaire et personnalisée : les overlays en CFAO. Les blocs d'Enamic® présentent des propriétés esthétiques et mécaniques intéressantes, et permettent de travailler en très faible épaisseur en bouche. Cela permet de respecter

le principe d'économie tissulaire, ce qui est d'autant plus intéressant sur des dents permanentes immatures.

3.2.1 Phase 1 : Remontée de la DV

L'analyse des modèles d'étude a montré une forte usure de la denture temporaire, ayant pour conséquence une émergence inachevée des premières molaires permanentes avec une ligne de plus grand contour coronaire sous-gingivale. Il est essentiel de lever ce verrou vertical, afin de permettre l'émergence complète des dents de 6 ans et leur mise en occlusion. Pour augmenter la DV, deux options transitoires sont possibles :

- Une solution amovible, par le biais d'une gouttière mandibulaire recouvrant uniquement les dents temporaires. L'enfant doit la porter constamment, sauf au cours des repas et du brossage des dents. L'inconvénient de cette technique est que son efficacité dépend entièrement de l'observance du patient.
- Une solution fixe, correspondant à la mise en place de coiffes provisoires en résine sur les molaires temporaires mandibulaires et maxillaires.

Dans les deux cas, l'épaisseur occlusale est augmentée par ajouts progressifs et programmés de résine provisoire, afin que la musculature péri-orale, les muscles masticateurs et les ATMs puissent s'adapter à la modification de DV. Pierre a préféré, comme l'équipe soignante, la solution fixe.

Les préparations périphériques sont réalisées selon les critères suivants :

- Un congé périphérique avec un épaulement arrondi.
- Une limite cervicale sur un tissu dur.
- Une réduction occlusale presque inexistante, du fait de l'usure dentaire et du souhait de remonter la DV.
- Des limites cervicales supra ou juxtagingivales pour permettre un collage à l'abris de la salive.

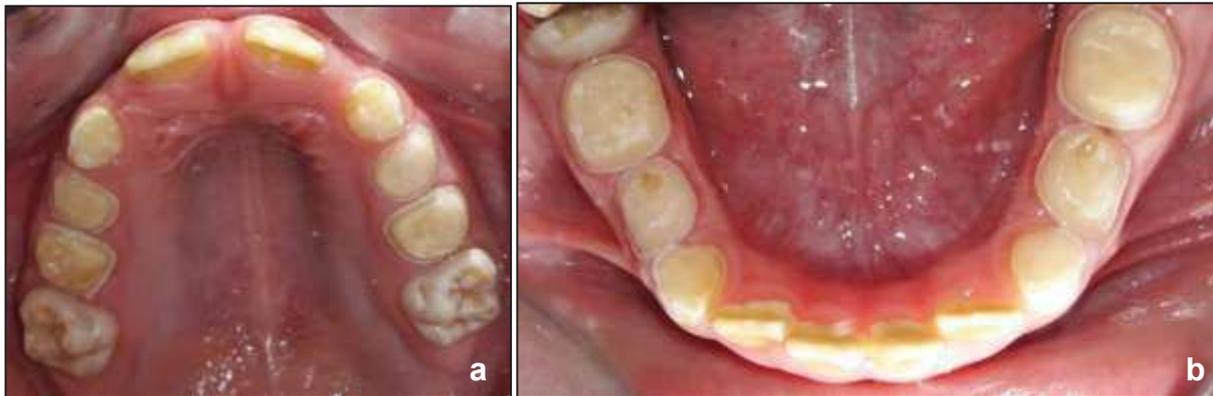


Figure 13 : Préparations coronaires périphériques réalisées sur les molaires temporaires. **a)** préparations maxillaires. **b)** préparations mandibulaires.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

Pour réaliser ces préparations, sont utilisées des fraises diamantées cylindro-coniques de petit diamètre, des fraises bagues bleues pour la préparation, puis des bagues rouges pour la finition (figure 13). Un scellement dentinaire immédiat est effectué in fine sur toutes les préparations périphériques.

Des couronnes provisoires solidarisées (Résine Unifast III, GC®) sur 54-54, 64-65, 74-75 et 84-85 sont scellées avec du ciment provisoire sans eugérol (Temp Bond, Kerr®) (figure 14).

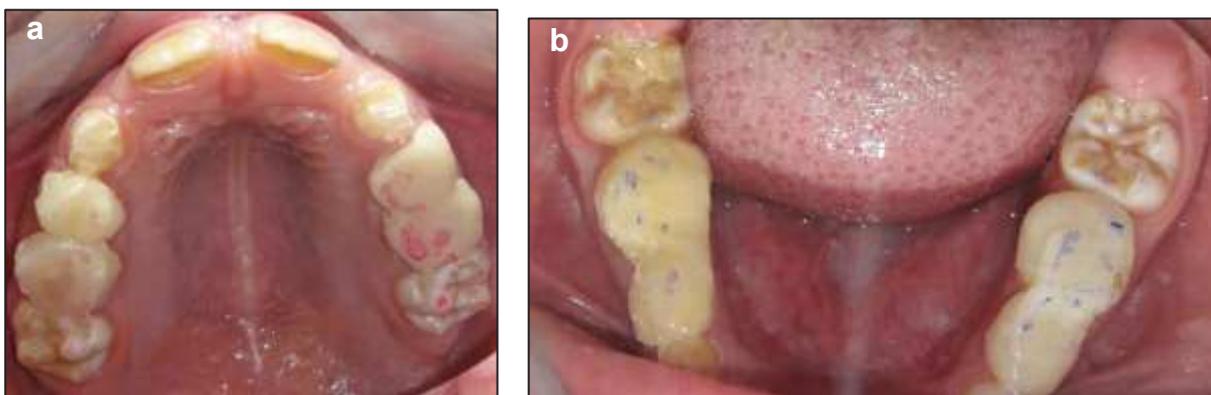


Figure 14 : Mise en place des couronnes provisoires solidarisées qui ont servi à la remontée de DV.

a) provisoires maxillaires. **b)** provisoires mandibulaires.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

Une phase transitoire de 6 mois a été nécessaire pour augmenter progressivement la DV par ajouts de résine sur les coiffes mandibulaires et permettre la mise en occlusion des premières molaires permanentes, à raison d'une consultation toutes les 6 semaines. A chaque séance, nous avons pris le soin de vérifier qu'aucun trouble n'a été généré au niveau des ATMs.

3.2.2 Phase 2 : Recouvrement des secteurs postérieurs

❖ **Recouvrement de la denture temporaire**

Au bout d'environ 6 mois, l'augmentation de la DV nécessaire au projet thérapeutique a été obtenue. Cette DV augmentée de + 2 mm a permis l'égression des 16, 26, 36, 46 et leur mise en occlusion.

L'objectif de cette étape est de réaliser des overlays en matériau hybride (Enamic®, Vita) à cette nouvelle DV. Le choix s'est donc porté sur la technique CFAO indirecte car la caméra optique du CHU était trop volumineuse pour être utilisée chez un enfant. La prise d'empreintes a été effectuée avec la technique du double mélange en silicone A (Silicone Putty et Light, 3M®). Une fois les modèles renvoyés par le laboratoire, le tracé des limites prothétiques périphériques a été confirmé, à l'aide d'un critérium fin.

Le transfert du modèle maxillaire sur articulateur a été réalisé à l'aide d'un arc facial : un bourrelet en cire Moyco® a été mis en place sur la fourchette de l'arc facial, puis mis en bouche afin d'obtenir des contacts stables sur la cire au minimum au niveau des premières molaires et des incisives permanentes (figure 15). Une fois l'arc facial retiré le système est transféré sur un articulateur, le modèle maxillaire est mis en place.

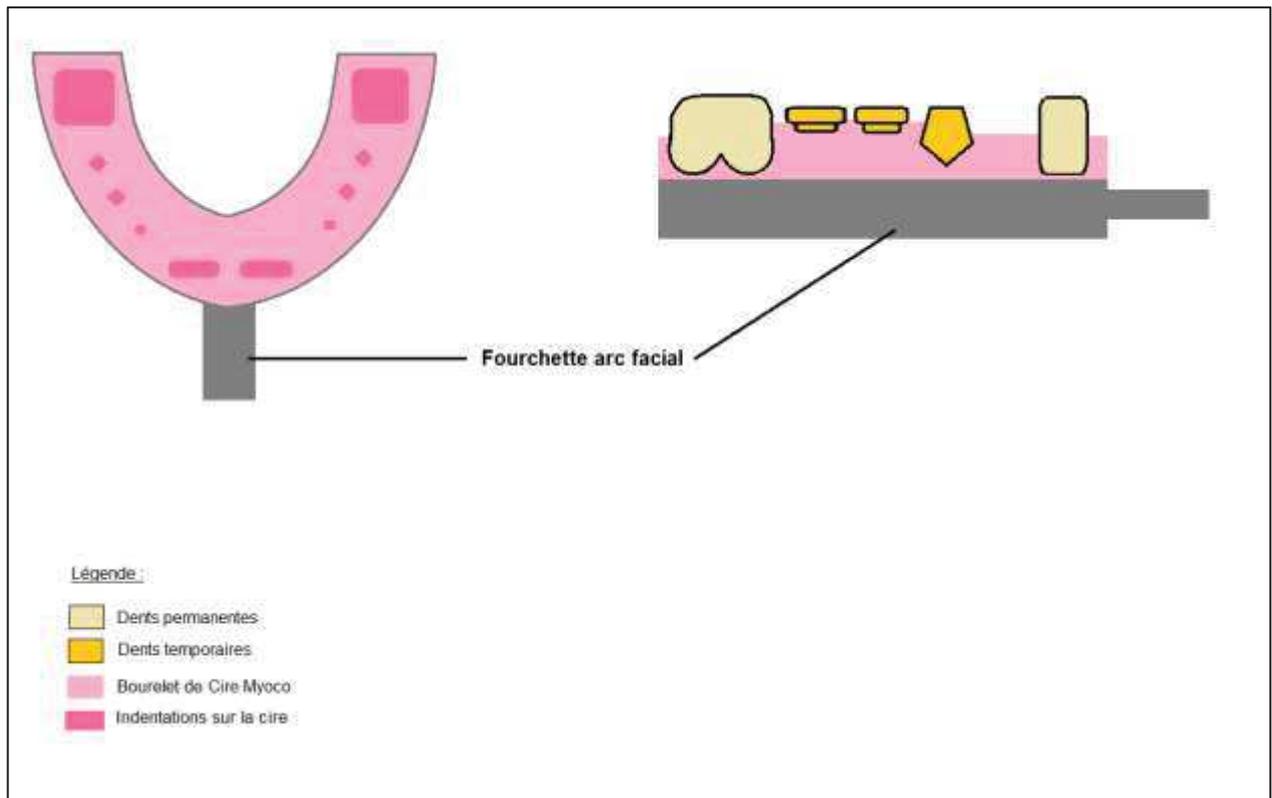


Figure 15 : Schéma explicatif du transfert sur articulateur du modèle maxillaire via l'arc facial.

La relation maxillo-mandibulaire (RMM) a été enregistrée ensuite de la manière suivante pour les secteurs 1 et 4 (figure 16) :

- Mise en place des couronnes provisoires des secteurs 2 et 3.
- Mise en place d'un bourelet de cire de Moyco® chauffé entre les secteurs 1 et 4.
- Nous avons demandé au patient de serrer pour enregistrer la Relation maxillo-mandibulaire (RMM) des héli-arcades droites.

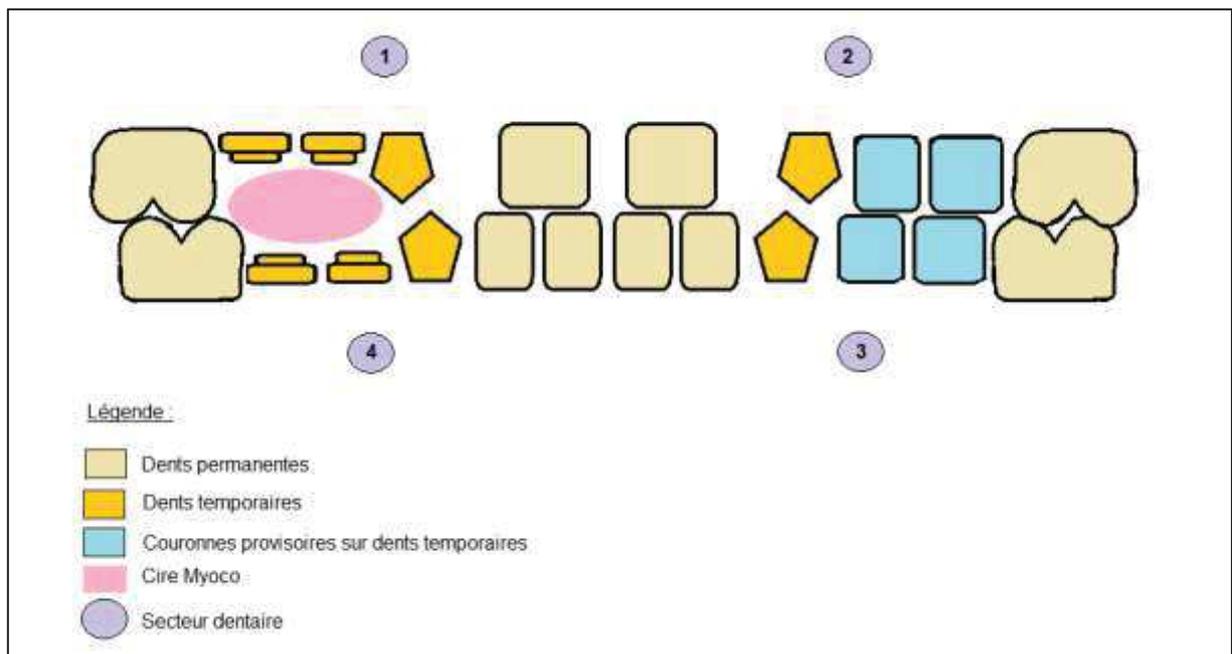


Figure 16 : Schéma explicatif de l'enregistrement de la RMM des secteurs 1 et 4.

L'enregistrement de la RMM des secteurs 2 et 3 est enregistré de la même manière.

Au Laboratoire Detrez, le prothésiste (monsieur KLEIN) a coulé et scanné les modèles en plâtre, puis envoyé les prothèses à usiner dans des blocs CFAO type Enamic[®]. Une teinte A2 pour les dents temporaires et A3 pour les dents permanentes ont été sélectionnées, afin de mimer la différence de teinte naturelle entre les dents permanentes et temporaires (Teintier VITAPAN Classical, VITA[®]). Tous les overlays ont été usinés dans des blocs 2M2, puis les overlays destinés aux dents permanentes ont été maquillés pour obtenir la teinte A3 du teintier VITA Classical.

Les overlays ont été collés en utilisant le Coffret Variolink Esthétique DC d'Ivoclar Vivadent[®], selon le protocole suivant (figure 17) :

- Anesthésie et pose du champ opératoire : multiclampage avec mise en place des crampons sur les premières molaires permanentes et ligature ou Wedgets si nécessaire (figure 17a).
- Isolation en cervical des dents sur lesquelles s'effectuera le collage avec du fil PTFE large (Teflon), pour une meilleure étanchéité du champ opératoire et isolation

avec ce même matériau des dents adjacentes présentes au-dessus le champ opératoire (figure 17a).

- Nettoyage et dégraissage des prothèses à l'aide d'Alcool modifiée (COOPER®).
- Application du mordantage pour céramique (Ceram Etch®) au niveau de l'intrados des prothèses CFAO pendant 60 secondes, puis rinçage à l'eau pendant 60 secondes.
- Application du MonoBond Plus® du coffret au niveau de l'intrados prothétique pendant 60 secondes, puis séchage à l'air libre.
- Mordantage des surfaces dentaires à l'aide de l'acide orthophosphorique (Seringue d'etching du coffret) pendant 15 secondes sur les surfaces dentinaires, puis rinçage 15 secondes à l'eau et séchage léger (coton).
- Application sur les surfaces dentaires de l'adhésif Adhese® du coffret pendant 20 secondes, puis séchage avec un faible jet d'air, ne pas photopolymériser.
- Application de la teinte de composite de collage sélectionnée dans l'intrados des prothèses, puis mise en place sur la dent et application d'un flash de photopolymérisation (1 seconde par face).
- Élimination des excès de colle à l'aide d'un instrument fin (Bistouri ou Curette parodontale type S204).
- Mise en place d'un gel de glycérine au niveau des limites de collage puis photopolymérisation 30 secondes par face.

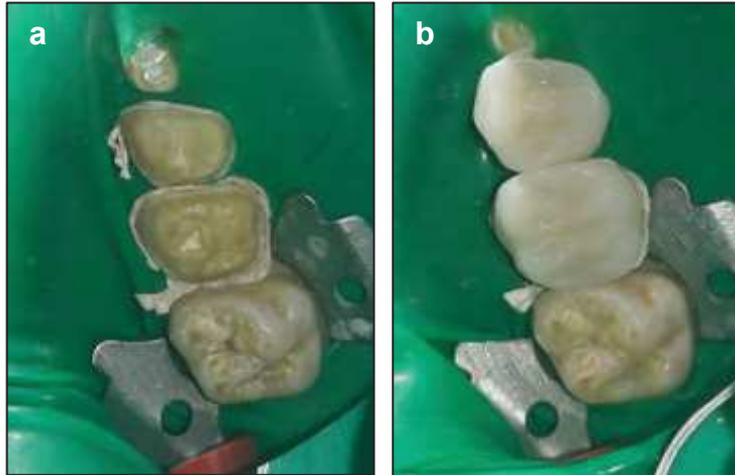


Figure 17 : Mise en place du champ opératoire puis collage des overlays. **a)** Mise en place du champ opératoire. **b)** Collage des overlays sur 54 et 55 (VITA ENAMIC, 2M2).

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

Une fois le collage terminé, le polissage est réalisé à l'aide de fraises diamantées bagues jaunes et fraises multilames bagues rouges, dans un premier temps. Puis le polissage du joint de collage est terminé à l'aide d'un coffret de finition contenant des cupules en caoutchouc de granulométries différentes. Le résultat est objectivé ci-dessous, quinze jours après les séances de collage (figure 18).

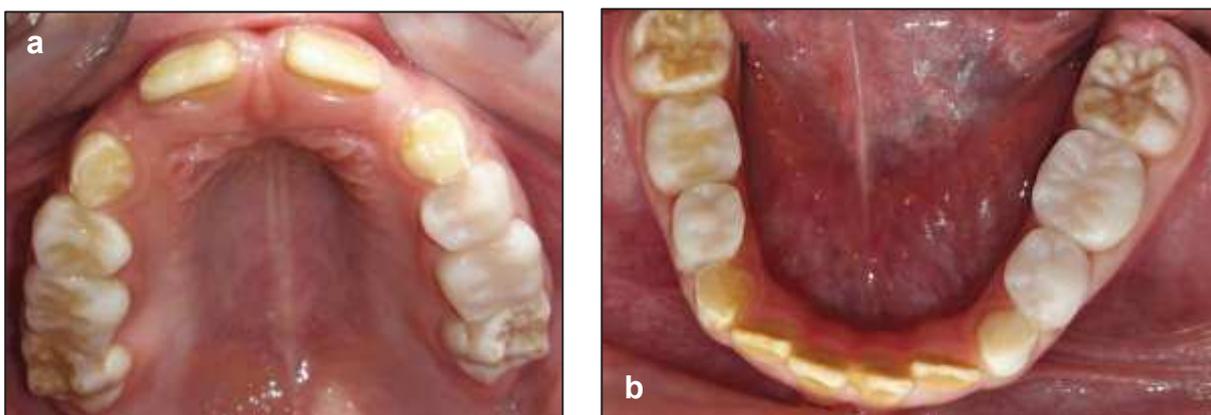


Figure 18 : Mise en place des overlays sur toutes les molaires temporaires. **a)** overlays maxillaires, **b)** overlays mandibulaires. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

❖ Recouvrement des premières molaires permanentes

L'enfant et ses parents sont très satisfaits du résultat, les molaires permanentes sont traitées quelques mois plus tard : préparations coronaires périphériques, couronnes provisoires, empreintes puis collage des overlays (figure 19).



Figure 19 : Réalisation des overlays sur 16, 26, 36 et 46 chez Pierre. **a)** Préparations périphériques de 16 et 26. **b)** Préparations périphériques sur 36 et 46. **c)** Mise en place des overlays maxillaires. **d)** Mise en place des overlays mandibulaires. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

3.2.3 Phase 3 : Recouvrement des secteurs antérieurs

Toujours selon le même schéma de préparation et de collage, le recouvrement des dents des secteurs antérieurs maxillaire et mandibulaire par des couronnes en matériau hybride de faible épaisseur (Enamic®) est réalisé. Cependant, une nouvelle contrainte est à prendre en compte : l'usinage des couronnes nécessite une réduction d'au moins 1 mm du bord libre, du fait de l'épaisseur de la fraise à usiner, afin d'éviter la fracture de la couronne prothétique (figure 20). Étant donné le volume pulpaire des incisives, il a été nécessaire de trouver le meilleur compromis.

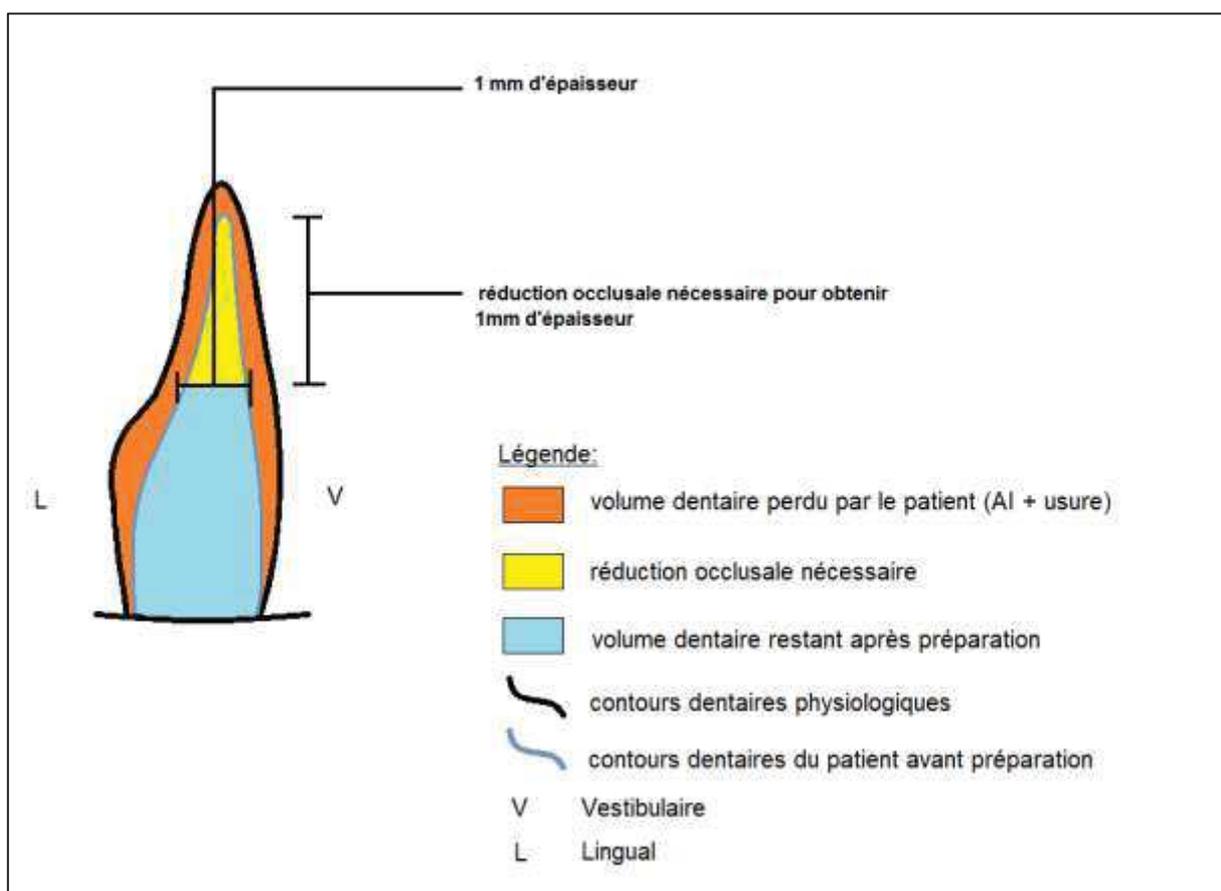


Figure 20 : Schéma des contraintes de préparation rencontrées lors de la préparation des incisives mandibulaires permanentes.

Une première couronne a été réalisée par CFAO sur l'incisive latérale permanente droite (42) afin de tester la fiabilité de l'unité prothétique : préparation, empreintes, réalisation d'une couronne provisoire en résine, modélisation, usinage de la pièce prothétique puis collage.

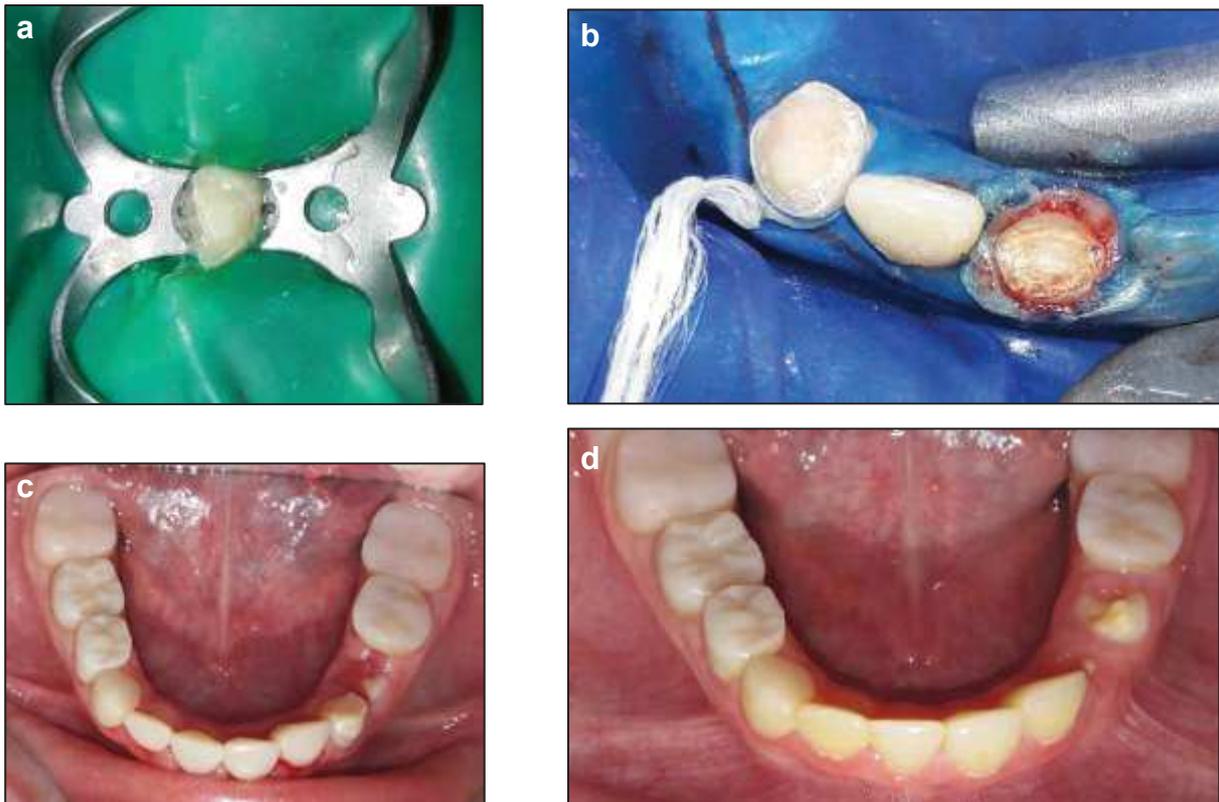


Figure 21 : Réalisation des couronnes antérieures mandibulaires par CFAO. **a)** préparation de la 42 et pose du champ opératoire. **b)** pose du champ opératoire pour le collage des couronnes sur 83 et 41, la couronne sur 42 a été collée lors de la séance précédente. **c)** photographie réalisée après collage des couronnes sur 31 et 32. **d)** photographie réalisée 15 jours après la pose des dernières couronnes mandibulaires. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

Après ce premier succès (figure 21a), les dents 41 et 83 puis 31 et 32 sont préparées à l'identique (figure 21b-d). La 73 n'a pas été préparée car elle présentait une mobilité terminale lors de la séance de soins. Son exfoliation est effective quinze jours plus tard (figure 21d).

Les incisives centrales et canines maxillaires (11, 53, 21 et 63) ont été préparées ultérieurement en deux temps : secteur 2 puis secteur 1 (figure 22).

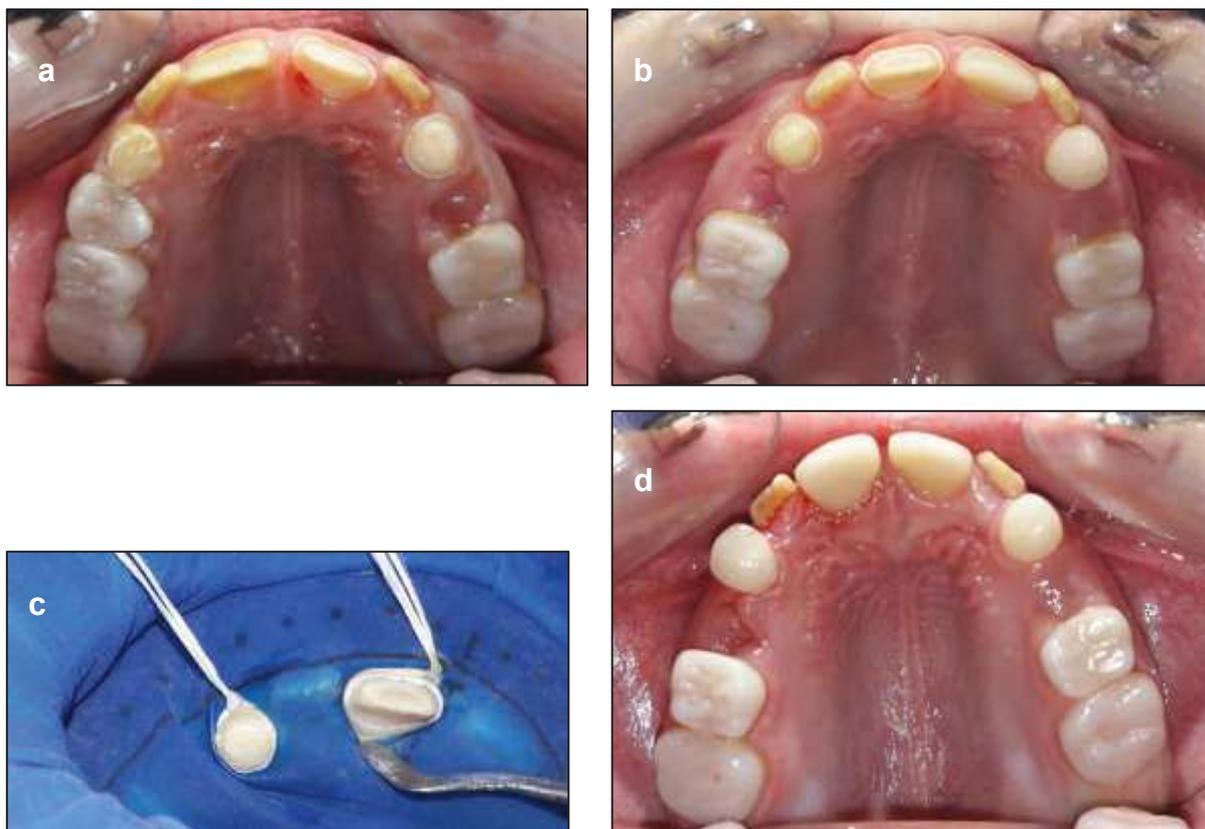


Figure 22 : Réalisation des couronnes antérieures maxillaires par CFAO. **a)** Préparations périphériques de 21 et 63. **b)** Préparation périphériques de 11 et 53, les couronnes sur 21 et 63 ont été collées la séance précédente. **c)** Mise en place du champ opératoire sur 11 et 53. **d)** Résultat après collage des couronnes sur 11 et 53. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

Le patient est très satisfait du résultat final après ce long plan de traitement (figure 23). Pierre passe à présent dans une phase de surveillance jusqu'à émergence des autres dents qui seront protégées selon le même protocole : préparations périphériques et overlays CFAO pour les dents postérieurs, couronnes CFAO pour les dents antérieures.



Figure 23 : Résultats en fin de traitement : **a)** vue en latéralité droite, **b)** vue en latéralité gauche, **c)** vue en occlusion centrée, **d)** sourire du patient avant prise en charge. **e)** sourire du patient après prise en charge. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

3.3 Analyse de la prise en charge

Lors de la prise en charge de Pierre, nous avons dû faire face à de nombreuses difficultés.

- Les techniques d'anesthésies para-apicale et intra-ligamentaire se sont parfois avérées insuffisantes pour les séances de préparations coronaires périphériques, avec des zones dentaires qui restaient sensibles lors des étapes de préparation. Nous avons dû reporter certaines préparations à une séance ultérieure.
- L'ouverture buccale était insuffisante, notamment pour la préparation de 16, 26, 36 et 46. Pierre avait des difficultés à maintenir une ouverture buccale suffisante tout au long des soins. La tête des contres-angles orange était trop volumineuse et cela se ressentait particulièrement sur les zones de travail sur les secteurs postérieurs.
- Le collage des overlays sur les dents mandibulaires a été fastidieux, car Pierre salivait beaucoup et avait tendance à bouger et jouer avec sa langue ce qui rendait l'étanchéité du champ opératoire difficile à obtenir.
- La préparation des dents antérieures a nécessité de trouver un juste équilibre, dans le souci de préserver la vitalité pulpaire, de répondre au principe d'économie tissulaire et obtenir une épaisseur minimale pour éviter toute fracture lors de l'usinage.

4 CHAPITRE III : PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT ATTEINT D'HYPOMINÉRALISATION MOLAIRES INCISIVES EN DENTURE MIXTE

Éric, 10 ans, consulte au Pôle de Médecine Bucco-Dentaire du CHU de Reims en Novembre 2016, adressé par son chirurgien-dentiste pour une suspicion de pathologie dentaire génétique. Il ne présente aucun antécédent médical ni chirurgical, et il est le premier d'une fratrie de deux garçons. Nous avons par ailleurs diagnostiqué chez son jeune frère une amélogenèse imparfaite. Les parents ne présentent aucun défaut de formation dentaire ni aucune pathologie générale. Éric se plaint de sensibilités au froid et de l'aspect inesthétique de ses dents.

L'hypominéralisation molaires incisives (MIH) est une pathologie d'origine systémique se traduisant par des défauts qualitatifs de l'émail, principalement au niveau des premières molaires permanentes et des incisives (22). Ces défauts sont le résultat de perturbations du processus d'amélogenèse, et ils présentent des limites bien marquées (23). Ces lésions atteignent le plus souvent le tiers incisal de la couronne, très rarement le tiers cervical. Ce sont des lésions amélaire se développant de la jonction amélo-dentinaire vers la surface de l'émail, ce qui permet de faire le diagnostic différentiel avec d'autres pathologies (24,25). Par exemple la fluorose se manifeste par des taches localisées au niveau de l'émail mais à distance de la jonction amélo-dentinaire (24,25). Le degré d'atteinte de la MIH peut aller léger (émail blanc ou légèrement brun, dur au sondage) sans perte de substance à sévère (importantes pertes de substances, émail mou au sondage). Il convient alors de prendre en charge les enfants atteints le plus précocement possible, d'autant plus qu'un processus carieux peut aggraver la situation générant de fortes sensibilités au froid et un aspect inesthétique des dents atteintes (16).

Légère	Modéré	Sévère
<ul style="list-style-type: none"> - Opacité limitée. - Absence de fracture de l'émail. - Sensibilités occasionnelles - Léger souci esthétique (Incisives). 	<ul style="list-style-type: none"> - Perte d'émail. - Sans clivage ou lésion dentinaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Opacité associée à une : <ul style="list-style-type: none"> ▪ fracture ▪ lésion carieuse ▪ hypersensibilité persistante ou spontanée - Fortes conséquences esthétiques.
		

Tableau 4 : Tableau diagnostique permettant de déterminer le degré de sévérité de la MIH au niveau des première molaires permanentes (26).

L'étiologie des MIH est encore floue. Elle semble être multifactorielle et intéresser une période allant de la fin de la vie intra-utérine jusqu'aux premières années de la vie, soit la période de la minéralisation des couronnes des premières molaires et des incisives permanentes. Des études épidémiologiques ont exploré différentes pistes quant à l'étiologie de cette pathologie : exposition à la dioxine, hypoxie, infections répétées lors de la petite enfance, prises d'antibiotiques... (16).

4.1 Examens cliniques et complémentaires

4.1.1 Examens cliniques

Éric présente un visage symétrique avec des étages faciaux équilibrés et ne présente aucun signe de ventilation buccale pathologique.

A l'examen inter-arcades il convient de noter (figure 24) :

- Un alignement des milieux inter-incisifs.
- Une Classe I molaire.

A l'examen endobuccal (figure 25 et 25) :

Formule dentaire													
16	15	14	53	12	11	21	22	63	64	65	26		
46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36		

Figure 24 : Formule dentaire d'Éric.

- Éric est en phase d'édification de la denture adolescente (selon DEMOGE).
- De la plaque dentaire est présente en vestibulaire de pratiquement toutes les dents.
- Des taches brunâtres sont présentes sur les faces vestibulaires de 11 et 21 et de taches blanches en mésial de 22, en vestibulaire de 31 et 32 et en distal de 42.
- Des taches brunâtres sont également visibles sur 16, 26, 36 et 46, avec modification de l'anatomie occlusale.
- Il existe un diastème inter-incisif (entre 11 et 21).



Figure 25 : Clichés photographiques endobuccaux d'Éric : **a)** en occlusion centrée, **b)** en latéralité droite **c)** en latéralité gauche, **d)** arcade maxillaire, **e)** arcade mandibulaire.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

Éric présente une hygiène bucco-dentaire qui reste à améliorer, d'où une séance de motivation. Toutefois il ne présente aucune carie ni aucun foyer infectieux.

4.1.2 Examens complémentaires

L'examen des moulages ne révèle aucun défaut de dimension verticale, un faible encombrement est noté au niveau du secteur antérieur mandibulaire.

L'étude des examens radiologiques ne révèle aucun décalage des bases osseuses. La densité radiologique de l'émail est normale sur la radiographie panoramique, les germes de 18, 28, 38 et 48 sont présents (figure 26).



Figure 26 : Examens radiographiques d'Éric : **a)** Radiographie panoramique, **b)** Téléradiographie de profil. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

4.2 Plan de traitement et prise en charge

Tous ces éléments sont pris en compte et orientent vers une thérapeutique de conservation des premières molaires permanentes, en concertation avec le service d'Orthopédie Dento-faciale : réalisation de quatre overlays en Enamic® (matériau hybride). Concernant les taches présentes sur les incisives, une surveillance est proposée car il n'y a pas de demande esthétique de la part de l'enfant, mais nous avons informé les parents qu'il existait des solutions esthétiques conservatrices. Au moment opportun, et lorsque l'enfant en ressentira le besoin, une technique de type érosion-infiltration pourra être envisagée. Les préparations des quatre premières molaires permanentes ont été réalisées selon le même schéma que le patient précédent, en deux séances : préparations coronaires périphériques des dents deux par deux et réalisation des couronnes provisoires.

Dans une première séance, 16 et 46 sont préparées et protégées en inter-séance par deux couronnes provisoires en résine. Durant la deuxième séance, 26 et 36 sont préparées, les couronnes provisoires présentes sur 16 et 46 sont déposées puis les empreintes maxillaire et mandibulaire sont réalisées selon la technique du double mélange avec Silicone A (figure 27). Une clé d'occlusion est enregistrée, la teinte est choisie (A3, Teintier Classical, VITA), puis 16, 26, 36 et 46 sont protégées par les couronnes provisoires. Lors de la troisième séance, le collage des quatre overlays est effectué sur ces quatre premières molaires permanentes (figure 28).



Figure 27 : Préparation coronaires périphériques pour overlays : **a)** préparation sur 16, **b)** préparation sur 46, **c)** préparation sur 26, **d)** préparation sur 36. COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

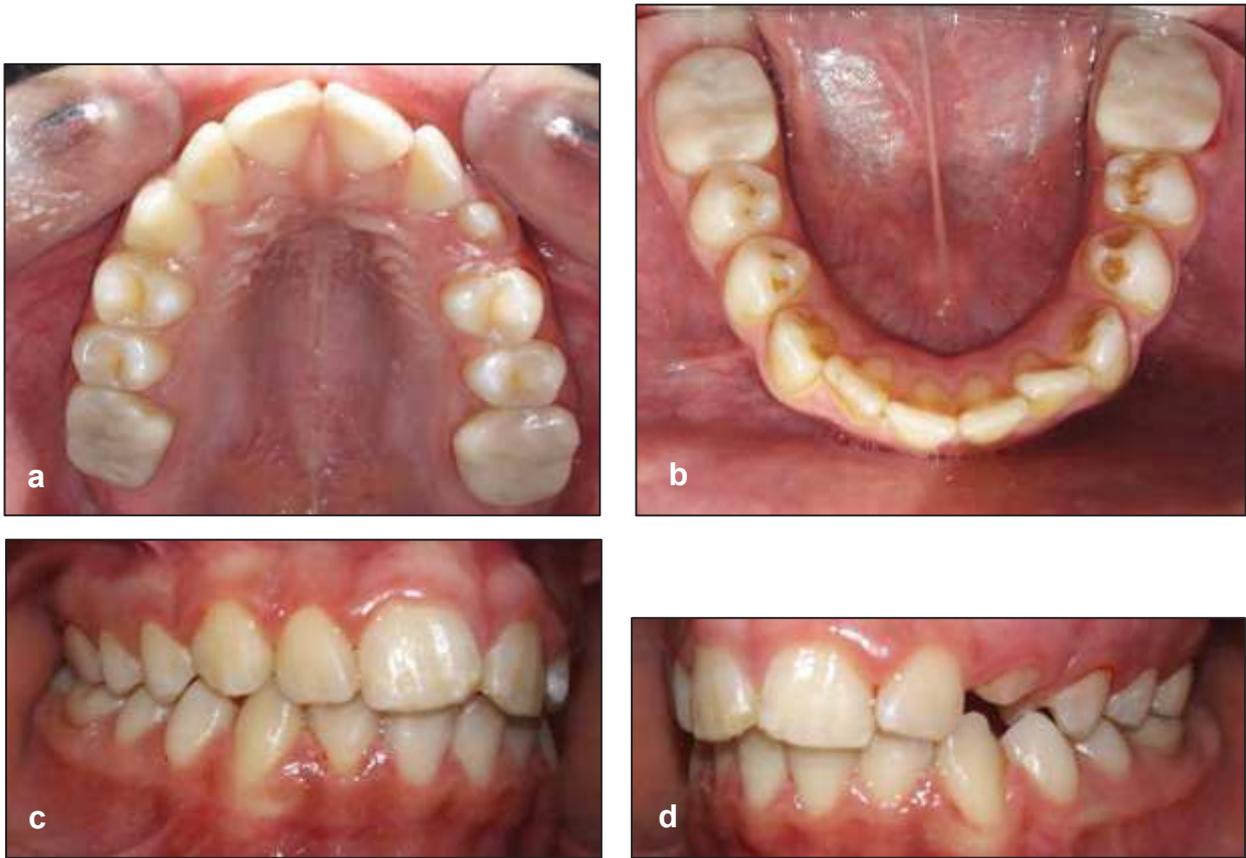


Figure 28 : Mise en place des overlays sur les premières molaires permanentes (VITA ENAMIC®, 2M2) : **a)** overlays sur 16 et 26, **b)** overlays sur 36 et 46, **c)** vue endobuccale en latéralité droite, **d)** vue endobuccale en latéralité gauche. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

Éric et ses parents sont très satisfaits du résultat, l'enfant ne se plaint plus de sensibilités au froid et a repris une alimentation variée.

4.3 Analyse de la prise en charge

La seule difficulté a été d'obtenir un silence opératoire, même sous anesthésie para apicale associée à une anesthésie intra-ligamentaire, étant donné que les dents atteintes de MIH présentent une inflammation pulpaire chronique. Nous avons dû effectuer plusieurs anesthésies intra-ligamentaires durant les séances de soins du fait de la persistance de sensibilités. A noter qu'une anesthésie loco-régionale aurait pu apporter plus de confort à la fois à l'enfant et au praticien.

Éric a mieux supporté les soins prothétiques que Pierre, du fait d'un plan de traitement moins lourd et moins long.

5 CHAPITRE IV : PRISE EN CHARGE D'UN PATIENT ATTEINT DE DYSPLASIE ECTODERMIQUE ANHYDROTIQUE

Les dysplasies ectodermiques (DE) forment un large groupe d'environ 200 maladies génétiques rares, ayant en commun une anomalie de développement d'au moins deux dérivés ectodermiques : poils, cheveux, dents, glandes sudoripares, ongles.

La dysplasie ectodermique anhydrotique (DEA) ou Syndrome de Christ Siemens Touraine est la plus fréquente des DE, avec une prévalence estimée à 1/15 000 naissances en France (27). C'est une maladie génétique issue dans 60% des cas de la mutation de l'ectodysplasine A1, impliquant le gène EDA situé au locus Xq12-q13.1 sur le chromosome X. L'ectodysplasine A1 est une protéine membranaire intervenant dans la signalisation entre cellules et en particulier dans le développement des organes de l'ectoderme. Lorsque la mutation est située sur un chromosome sexuel, le syndrome s'exprime en particulier chez les garçons ; les filles, rarement et faiblement atteintes, sont le plus souvent des porteuses saines (16,27,28). D'autres gènes peuvent être impliqués, tels que le gène EDAR situé au locus 2q11-q13, le gène EDARADD situé au locus 1q42.3-q43...(29).

La DEA se caractérise par la triade suivante (16,28,30) :

- **Anhydropse** : une altération des glandes au niveau des tissus ectodermiques peut se manifester par la présence d'une peau sèche (hyperpigmentation, présence de rides, eczéma), une xérostomie, une sécheresse oculaire. Un asthme, des difficultés respiratoires et des épisodes de bronchites chroniques peuvent être observés lorsque les glandes séro-muqueuses des voies aériennes sont peu nombreuses ou absentes. L'altération des glandes sudoripares peut entraîner de graves hyperthermies et l'absence d'un diagnostic précoce et d'un traitement approprié peut conduire au décès du jeune enfant. Il y a 30% de décès d'enfants atteints de DEA dans les pays chauds.
- **Hypotrichose** (ou atrichose) : elle se manifeste par l'absence de poils, des cheveux très fins et en faible quantité, l'absence de cils et de sourcils.

- **Hypodontie** (ou anodontie) : la présence de nombreuses agénésies dentaires allant de l'hypodontie à l'anodontie. Les dents sont conoïdes, aspect typique de la DEA et présentent un diamètre mésio-distal réduit.

Les enfants atteints de DEA présentent un phénotype très pathognomonique, avec une hyperpigmentation et des rides au niveau des zones périorale et périorbitaire, des lèvres et un front proéminents, un petit nez et une ensellure nasale très marquée. Des cas de syndactylie et polydactylie ont été reportés (16,28,30).

Martin, âgé de 10 ans, se présente dans le service d'odontologie pédiatrique du Pôle de Médecine Bucco-Dentaire du CHU de Reims. Il souffre d'une dysplasie ectodermique anhydrotique (DEA) et il a été adressé pour une prise en charge bucco-dentaire. Il est le deuxième d'une fratrie de quatre enfants, deux jeunes frères sont également atteints et une grande sœur est non touchée. La mère présente quelques manifestations cliniques de la DEA, le père est sain.

5.1 Examens cliniques et complémentaires

5.1.1 Examens cliniques

A l'examen exobuccal nous pouvons observer (figure 29) :

- Une hyperpigmentation périorbitaire et périorale.
- Des rides au niveau des zones périorbitaire, périorale et sur les mains.
- Les signes d'une hypotrichose : cheveux clairsemés, absence de poils au niveau des sourcils, cils très peu denses.
- Une hypohydrose : zones d'eczéma en périorale et au niveau des mains.
- La présence de lèvres et d'une ensellure nasale proéminents caractéristiques de la DEA.
- Un angle naso-labial fermé.
- Une tubérosité mentonnière proéminente.



Figure 29 : Clichés photographiques de Martin : **a)** photographie de face, **b)** photographie de profil, **c)** photographie des mains. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

A l'examen endobuccal est observé (figure 30) :

- Une oligodontie à l'arcade maxillaire, les seules dents présentes sont 13, 55, 16, 23, 65, 26.
- Une anodontie à l'arcade mandibulaire.
- Des canines très coniques et toutes les dents présentes des dimensions mésio-distales réduites par rapport à leurs dimensions physiologiques respectives.
- Une dimension verticale d'occlusion (DVO) perturbée, le patient occluse sur ses crêtes édentées mandibulaires.

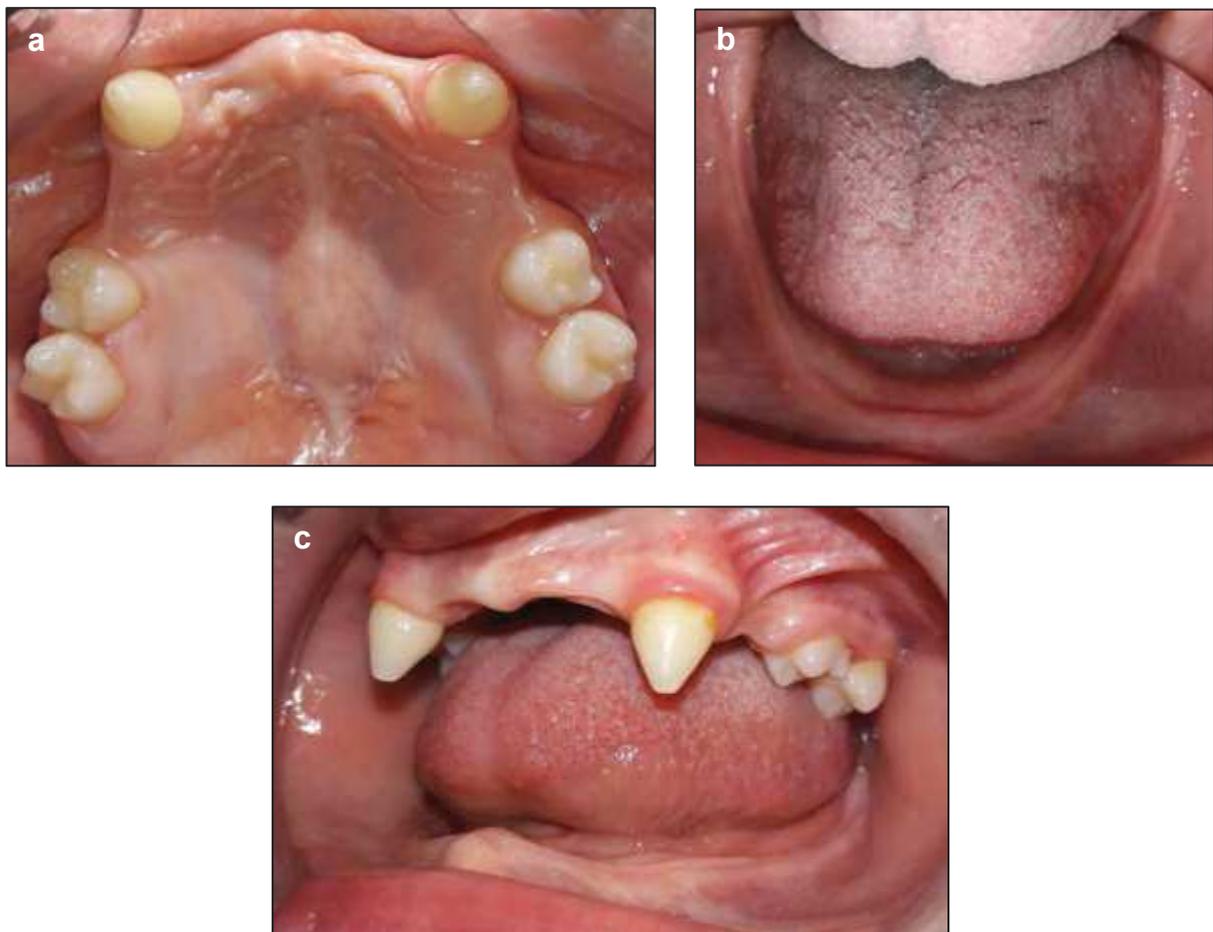


Figure 30 : Photographies intrabuccales de Martin : a) arcade maxillaire, b) arcade mandibulaire, c) vue en latéralité gauche. COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

5.1.2 Examens complémentaires

La radiographie panoramique révèle la présence de nombreuses agénésies, seules six dents sont présentes dans toute la cavité buccale. Il y a également une résorption osseuse généralisée en regard des agénésies (figure 31).

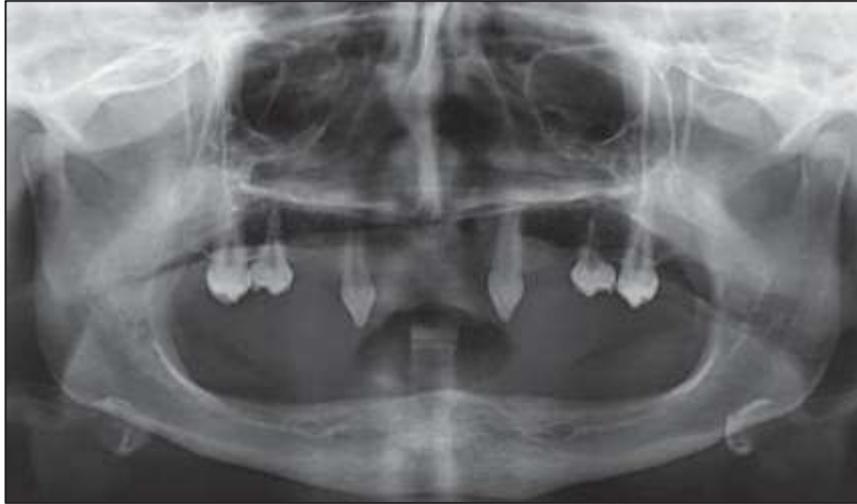


Figure 31 : Radiographie panoramique de Martin. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

5.2 Plan de traitement et prise en charge

Les objectifs thérapeutiques sont les suivants :

- Restaurer un équilibre entre les étages faciaux.
- Restaurer les fonctions oro-faciales : la déglutition, la mastication et la phonation.
- Restaurer l'esthétique.
- Permettre une croissance optimale des bases osseuses par un accompagnement prothétique.

Il convient de noter que des séances de rééducation orthophonique ont été prescrites au patient. Martin a suivi ces séances au cours des vacances d'été avant d'entamer les étapes prothétiques à la rentrée scolaire.

Le plan de traitement est le suivant :

- réalisation de couronnes et overlays par CFAO sur 13, 55, 16, 23, 65, 26 pour corriger le plan d'occlusion maxillaire,
- réalisation d'une prothèse amovible partielle (PAP) maxillaire et d'une prothèse complète amovible (PAC) mandibulaire. Le montage directeur est réalisé selon un schéma d'occlusion bilatéralement équilibrée (figure 32).



Figure 32 : Montage directeur : a) wax-up maxillaire en cire, b) modèle mandibulaire, c) montage directeur maxillaire, d) PAC mandibulaire.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD. Laboratoire Detrez.

L'enregistrement de la RMM est effectué classiquement à l'aide de maquettes d'occlusion mais s'est révélé fastidieux du fait de deux facteurs cumulés : étalement de la langue, Martin n'ayant jamais été appareillé, et hauteur très faible des crêtes alvéolaires, recouvertes de fait par le plancher lingual. Nous avons également veillé à l'obtention d'un profil équilibré, d'un support labial correct, à l'ouverture de l'angle naso-labial, à l'esthétique de la ligne du sourire et au respect d'une phonation correcte et d'une déglutition physiologique. Les modèles ont été transférés sur un articulateur à l'aide d'un arc facial et les montages directeurs maxillaire et mandibulaire ont été réalisés (figure 32).

Les préparations coronaires périphériques sont réalisées sur les dents maxillaires en deux séances, selon les mêmes principes de préparation que les cas cliniques précédents (figure 33).



Figure 33 : Préparations coronaires périphériques de 13, 55, 16, 23, 65, 26.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

Les couronnes provisoires sont conçues par transfert du wax-up en bouche à l'aide d'une clé en silicone. Cela a permis de procéder à l'essayage des cires en bouche et de réaliser les modifications nécessaires au niveau du montage des dents. Les empreintes finales sont prises. L'ensemble des données a été envoyé au Laboratoire

Detrez, qui a procédé à la réalisation des six overlays par CFAO à partir des mêmes blocs en Enamic® utilisés précédemment (Teinte A3 VITA) et à la polymérisation des prothèses en résine (figure 34).



Figure 34 : Réalisation des six overlays et des prothèses amovibles en résine : **a)** vue en latéralité droite, **b)** vue en occlusion centrée. COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD. Laboratoire Detrez.

La pose de toutes les prothèses, fixes et amovibles est faite en une seule séance, la pose des prothèses fixées seules aurait pu conduire à des fractures des éléments prothétiques.

Les collages des prothèses fixées sont réalisés sous anesthésie et pose d'un champ opératoire (figure 35a-b). Après polissage des joints de collage au niveau des overlays nous avons mis en place la PAP maxillaire (figure 35c), puis la PAC mandibulaire (figure 35d) et procédé à la vérification de l'occlusion qui doit être bilatéralement équilibrée. Le patient est très satisfait du résultat et ne présente aucune gêne (figure 35e).



Figure 35 : Mise en place du champ opératoire et pose des prothèses fixes et amovibles : a) pose du champ opératoire, b) collage des overlays sur 13, 55, 16, 23, 65, 26 (VITA ENAMIC, 2M2), c) mise en place de la PAP maxillaire, d) mise en place de la PAC mandibulaire, e) prothèses en occlusion centrée. *COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.*

La réalisation de prothèses pédiatriques chez Martin s'est avérée complexe. A 10 ans, il présente un pic de croissance qui nécessite de pouvoir adapter la prothèse maxillaire par adjonction d'un vérin, ce qui permet d'accompagner la croissance (31) (figure 36. a-b). Ce vérin est actionné si besoin par le praticien lors des séances de contrôle. Le patient a été revu dans un premier temps toutes les 3 semaines, puis toutes les 5 semaines. Le vérin a été mis en place après une période de 4 mois, le temps nécessaire pendant lequel le patient a pu s'habituer à ses prothèses. Concernant la PAC mandibulaire, la mise en place d'un système mécanique n'étant pas possible, des contrôles tous les mois permettent de vérifier l'adaptation de l'appareil et d'effectuer si nécessaire des rebasages.

L'inconvénient esthétique du vérin est la présence d'un diastème inter-incisif (figure 36c) qui sera de plus en plus marqué au fur et à mesure des séances d'activation (figure 36d). Le patient a été prévenu de cet aspect, cela ne le dérange pas car le plus important à ses yeux est de pouvoir sourire et manger correctement.

Malgré les séances d'éducation thérapeutique, l'hygiène bucco-dentaire de Martin reste à améliorer.

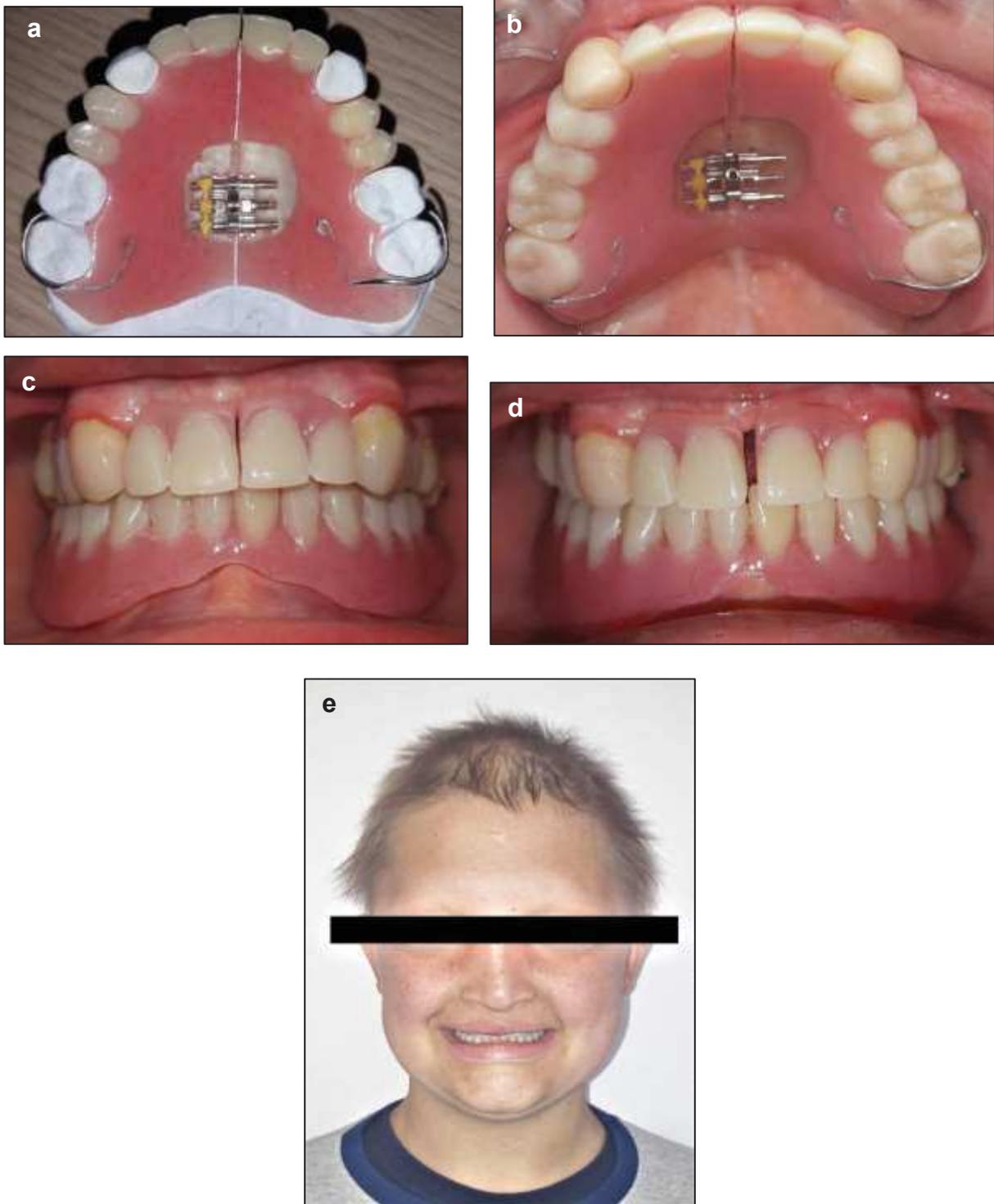


Figure 36 : Photographies des étapes de mise en place du vérin et des résultats finaux : **a)** mise en place du vérin, **b)** pose de la PAP maxillaire avec son vérin, **c)** vue endobuccale des prothèses après la pose, **d)** vue endobuccal des prothèses six mois environ après la pose, **e)** sourire du patient.

COUVE DE MURVILLE H., CHU de Reims, Pôle MBD.

5.3 Analyse de la prise en charge

Tout au long de la prise en charge bucco-dentaire d'Éric, il a fallu faire face à certaines difficultés.

- Le choix idéal pour l'empreinte mandibulaire aurait été les polysulfures, mais la sécheresse buccale du patient est une contre-indication à leur utilisation car ils peuvent occasionner des brûlures sur les muqueuses orales. D'ailleurs, les polysulfures ne sont pas utilisés en odontologie pédiatrique du fait de leur saveur désagréable et de leur temps de prise allongé. Le choix s'est porté sur la Permadyne® pour les empreintes destinées à la réalisation des prothèses amovibles. Pour les prothèses fixes, la méthode du double mélange en silicone A a été choisie.
- L'établissement de la DVO fut un travail fastidieux. Éric a toujours été édenté et n'avait jamais porté d'appareil dentaire. Il a été également difficile de fixer la maquette d'occlusion mandibulaire lors des séances d'enregistrement de RMM. En effet, Éric a une langue tonique, et le plancher lingual monte sur les crêtes édentées. Nous avons dû mettre un peu de crème adhésive au niveau des intrados des maquettes d'occlusion.
- Le transfert des modèles sur articulateur (QUICK® Master) et le réglage de ce dernier se sont révélés être un véritable défi :
 - Taille de la fourchette de l'arc facial inadaptée aux jeunes enfants.
 - Absence de données concernant les pentes condyliennes chez le jeune patient édenté.
 - Patient en phase d'édification de la denture adolescente qui nécessiterait en théorie un plan droit de Chapman pour les dents temporaires et un début de courbe de Spee pour les dents permanentes.

6 DISCUSSION

La CFAO a permis de grandes avancées dans le domaine de l'odontologie pédiatrique. Les empreintes optiques, outre le fait qu'elles exigent des conditions de travail particulières, ont facilité les étapes de prise d'empreintes par :

- L'affranchissement du réflexe nauséux auquel sont souvent confrontés les enfants lors de la réalisation d'empreintes physiques.
- La possibilité de reprendre des empreintes en cas de besoin sans coût supplémentaire (coût des matériaux).
- Une coopération plus facile à obtenir par l'aspect ludique de la prise d'empreintes optiques ; les jeunes patients peuvent assister à la numérisation en temps réel de leurs arcades sur écran.

Toutefois la limite majeure de ces empreintes optiques reste la taille de l'embout de la caméra. C'est cette limite, à laquelle nous avons été confrontés, qui nous a poussé à travailler en technique indirecte pour les patients pris en charge dans ce mémoire.

En outre, la CFAO a permis la réalisation de pièces prothétiques très précises sur mesure (3). Ceci a été possible par l'intégration de nombreux paramètres dans le logiciel de modélisation, que le praticien peut faire varier selon son projet prothétique. A l'heure actuelle, la modélisation reste limitée par absence de banque de données de dents temporaires (DT). La seule banque de données dentaires intégrée dans le logiciel est celle des dents permanentes (DP). Or les DT et les DP ont des caractéristiques différentes : inclinaison des pentes cuspidiennes, constriction cervicale, morphologie occlusale...

Les prothèses pédiatriques ont pour objectif principal d'accompagner l'enfant tout au long de sa croissance.

Concernant l'usinage des pièces prothétiques, la CFAO a permis d'élaborer des prothèses fixées de faible épaisseur grâce à la technique d'usinage des blocs d'Enamic®. Ceci permet de réaliser des réductions à minima et des congés fins,

respectant ainsi le principe d'économie tissulaire car le volume pulpaire des DT et des DP immatures est plus important que celui des DP matures, et c'est une contrainte incontournable en Odontologie Pédiatrique. Cette faible épaisseur de préparation autorise la reprise des éléments prothétiques fixe à l'âge adulte dans le respect du principe d'économie tissulaire.

Le parodonte de l'enfant est en constante évolution du fait de l'émergence progressive des organes dentaires et de la croissance alvéolaire.

Sur le plan financier, le coût de l'Enamic[®] est plus faible que celui d'une céramique. Cela permet à l'enfant de bénéficier d'un traitement de temporisation à moindre coût mais de très bonne qualité. Cela est d'autant plus intéressant lorsque le jeune patient doit bénéficier en parallèle d'un traitement d'orthopédie dento-faciale (ODF).

Sur le plan orthodontique, le collage de verrous sur l'Enamic[®] est aisé, sans se soucier du risque de fracture que pourrait occasionner un traitement ODF, tout particulièrement au moment de la dépose. Les prothèses en Enamic[®] sont plus résistantes à la fracture, à la fatigue et à l'usure que les céramique (2). En cas d'incident, les prothèses en Enamic[®] sont réparables dans une certaine mesure, ce qui est impossible avec des céramiques pures.

7 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La technologie CFAO offre de nouvelles possibilités de réhabilitations prothétiques pour les jeunes patients. Toutefois, il n'en reste pas moins que l'attitude et la coopération des enfants et de leur parents sont des facteurs décisionnels à prendre en compte (11). La prise en charge d'enfants souffrant d'anomalies dentaires par CFAO a pour objectifs : d'accompagner la croissance de l'enfant, de réaliser des restaurations fonctionnelles esthétiques et étanches afin de limiter la reprise carieuse et de permettre un traitement ODF en cas de besoin (11).

Cette prise en charge est complexe :

- Complexité inhérente à chaque type d'anomalie dentaire : le degré de sévérité, la présence d'une composante génétique, l'association de cette anomalie à un syndrome...
- Complexité liée à la prise en charge de jeunes enfants : une coopération parfois difficile à obtenir, une difficulté pour certains enfants à supporter de lourds plans de traitements, la mise en place d'un champ opératoire, une denture en pleine évolution...

Il est important afin de réaliser une bonne prise en charge de ces enfants, de tenir compte de leurs doléances et demandes. Nous insistons sur l'importance de bien faire comprendre à l'enfant et ses parents les étapes du plan de traitement et des séances à venir, n'oublions pas que les parents sont aussi acteurs dans la prise en charge de leurs enfants. La CFAO en technique directe permet de réduire le nombre de séances de soins, apportant ainsi un confort psychologique aux jeunes patients et à leurs parents.

La technologie CFAO est encore capable de nous offrir d'autres avancées dans le domaine de la dentisterie. Il faudra qu'elle réussisse à s'affranchir de ses obstacles actuels :

- La mise à disposition pour les systèmes CFAO d'embouts de caméras optiques de taille adaptée aux cavités buccales des jeunes enfants.
- L'intégration dans les logiciels de modélisation d'une banque de données pour les DT qui tiendra compte de l'anatomie particulière des faces occlusales, des pentes cuspidiennes et de l'usure physiologique des DT.
- L'incorporation dans les systèmes CFAO de paramètres de compressibilité des muqueuses, ce qui permettra de réaliser des prothèses amovibles de grande étendue.
- L'intégration d'un logiciel de modélisation qui permettra d'établir numériquement la DV et l'angle des pentes condyliennes dès l'âge de 4 ans.
- La possibilité de s'affranchir des étapes de maquettes d'occlusion.

In fine, la CFAO est une technique très appréciable qui s'adapte aisément au quotidien du Pédiodontiste, une fois que ce dernier s'est affranchi de la courbe d'apprentissage. Cette technique s'intègre parfaitement dans la prise en charge des enfants atteints d'anomalies dentaires, qui nécessitent des plans de traitements complexes, comme l'amélogénèse imparfaite, l'hypoplasie molaires incisives et la dysplasie ectodermique. Son champ d'application pourrait s'élargir, à condition qu'elle réussisse à s'affranchir de ses limites actuelles. Toutefois, la technique CFAO n'est malheureusement pas applicable chez tous les enfants, car elle dépend de la coopération du jeune patient et de la situation clinique.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : LOMRI - COUVE DE MURVILLE Houda

Titre de la thèse : La conception et fabrication assistée par ordinateur et réhabilitations
prothétiques en odontologie pédiatrique

Directeur de thèse : Professeur François CLAUSS et Docteur Marie-Paule GELLE



VU
Strasbourg, le : 14 Juin 2019
Le Président du Jury,


Professeur Anne-Marie MUSSET

VU
Strasbourg, le : 13 Juin 2019
Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,


Professeur C. TADDEI-GROSS

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Dantas-Neta NB, Moura L de FA de D, Cruz PF, Moura MS, Paiva SM, Martins CC, et al. Impact of molar-incisor hypomineralization on oral health-related quality of life in schoolchildren. *Braz Oral Res.* 2016;30(1).
2. Darmouni S. Le collage des céramiques infiltrées usinées par CFAO [Thèse]. [Paris]: Université Paris Diderot. Faculté de chirurgie dentaire; 2017.
3. Davidowitz G, Kotick PG. The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dent Clin North Am.* juill 2011;55(3):559-70.
4. Ahmed KE, Wang T, Li KY, Luk WK, Burrow MF. Performance and perception of dental students using three intraoral CAD/CAM scanners for full-arch scanning. *J Prosthodont Res.* déc 2018;63(2):167-72.
5. Gürdal I, Atay A, Eichberger M, Cal E, Üsümez A, Stawarczyk B. Color change of CAD-CAM materials and composite resin cements after thermocycling. *J Prosthet Dent.* oct 2018;120(4):546-52.
6. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, et al. Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.* déc 2018;121(4):590-7.
7. Hussain B, Thieu MKL, Johnsen GF, Reseland JE, Haugen HJ. Can CAD/CAM resin blocks be considered as substitute for conventional resins? *Dent Mater.* déc 2017;33(12):1362-70.
8. 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. *J Prosthet Dent.* mai 2018;119(5):710-2.
9. Dursun E., Moussally C., Gabet A., Fron-Chabouis H. CFAO et restauration de dents permanentes avec anomalie de structure. *RC.* sept 2017;28(3):191-9.
10. Dehurtevent M, Robberecht L, Béhin P. Influence of dentist experience with scan spray systems used in direct CAD/CAM impressions. *J Prosthet Dent.* janv 2015;113(1):17-21.

11. Maillet C. , Lequeux V., Eun Jee S., Lomri H., Gellé M-P. Dysplasie des incisives permanentes maxillaires : apport de la CFAO. RFOP. 2018;13(2):86-91.
12. Bloch-Zupan A. Les amélogénèses imparfaites. Réponse Expert. oct 2010;31:512-6.
13. Orphanet - Amélogénèse imparfaite [Internet]. [cité 8 févr 2019]. Disponible sur: [https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/Disease_Search.php?lng=FR&data_id=11823&Disease_Disease_Search_diseaseGroup=amelogenese&Disease_Disease_Search_diseaseType=Pat&Maladie\(s\)/groupes%20de%20maladies=Amelogenese-imparfaite&title=Am%E9logen%E8se%20imparfaite&search=Disease_Search_Simple](https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/Disease_Search.php?lng=FR&data_id=11823&Disease_Disease_Search_diseaseGroup=amelogenese&Disease_Disease_Search_diseaseType=Pat&Maladie(s)/groupes%20de%20maladies=Amelogenese-imparfaite&title=Am%E9logen%E8se%20imparfaite&search=Disease_Search_Simple)
14. Bhesania D, Arora A, Kapoor S. Enamel renal syndrome with associated amelogenesis imperfecta, nephrolithiasis, and hypocitraturia: A case report. *Imaging Sci Dent.* 2015;45(3):181.
15. Smith CEL, Poulter JA, Antanaviciute A, Kirkham J, Brookes SJ, Inglehearn CF, et al. Amelogenesis Imperfecta; Genes, Proteins, and Pathways. *Front Physiol.* 26 juin 2017;8:1-22.
16. de LADURE-MOLLA M., Naulin-lfi C. Chapitre 10 : Anomalies de formation et d'éruption. In: Naulin-lfi C. *Odontologie pédiatrique clinique.* CdP; 2011. p. 327. (JPIO).
17. Crawford PJ, Aldred M, Bloch-Zupan A. Amelogenesis imperfecta. *Orphanet J Rare Dis.* déc 2007;2(1):1-11.
18. Pousette Lundgren G, Karsten A, Dahllöf G. Oral health-related quality of life before and after crown therapy in young patients with amelogenesis imperfecta. *Health Qual Life Outcomes.* déc 2015;13(1):1-9.
19. Sabandal MMI, Schäfer E. Amelogenesis imperfecta: review of diagnostic findings and treatment concepts. *Odontology.* sept 2016;104(3):245-56.
20. Epasinghe DJ, Yiu CKY. Effect of etching on bonding of a self-etch adhesive to dentine affected by amelogenesis imperfecta. *J Investig Clin Dent.* févr 2018;9(1):e12276.

21. Pierre A., Oudin A. Restaurations esthétiques des molaires temporaires par CFAO. *Réal Clin.* sept 2017;28(3):161-232.
22. Silva MJ, Scurrah KJ, Craig JM, Manton DJ, Kilpatrick N. Etiology of molar incisor hypomineralization - A systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol.* août 2016;44(4):342-53.
23. Garg N, Kumar Jain A, Saha S, Singh J. Essentiality of Early Diagnosis of Molar Incisor Hypomineralization in Children and Review of its Clinical Presentation, Etiology and Management. *Int J Clin Pediatr Dent.* sept 2012;5:190-6.
24. Denis M, Atlan A., Vennat E, Tirlet G., Attal JP. Taches blanches de l'émail: diagnostic et anatomopathologie: deux données indispensables pour bien les traiter (partie 1). *Int Orthod.* 2013;2(11):139-65.
25. Elhennawy K, Manton DJ, Crombie F, Zaslansky P, Radlanski RJ, Jost-Brinkmann P-G, et al. Structural, mechanical and chemical evaluation of molar-incisor hypomineralization-affected enamel: A systematic review. *Arch Oral Biol.* nov 2017;83:272-81.
26. Oliver K, Messer LB, Manton DJ, Kan K, Ng F, Olsen C, et al. Distribution and severity of molar hypomineralisation: trial of a new severity index. *Int J Paediatr Dent.* mars 2014;24(2):131-51.
27. Ectodysplasine. In: Wikipédia [Internet]. [cité 3 févr 2019]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ectodysplasine&oldid=152382198>
28. AFDE (Association Française des Dysplasies Ectodermiques). Présentation De La Dysplasie Ectodermique Anhidrotique [Internet]. [cité 2 oct 2018]. Disponible sur: <http://afde.net/presentation-de-la-dysplasie-ectodermique-anhidrotique/>
29. Reyes-Realí J, Mendoza-Ramos MI, Garrido-Guerrero E, Méndez-Catalá CF, Méndez-Cruz AR, Pozo-Molina G. Hypohidrotic ectodermal dysplasia: clinical and molecular review. *Int J Dermatol.* août 2018;57(8):965-72.
30. Rojas LV, Silva GD da. Hypohidrotic ectodermal dysplasia: clinical and radiographic characteristics. *Rev Odontológica Mex.* oct 2015;19(4):e249-53.
31. KLEIN E. La prothèse amovible complète pédiatrique [Document procuré en 2018 par l'auteur, Paris].

9 ANNEXES

- Annexe 1 : Tableau regroupant les principales céramiques usinables et leurs caractéristiques.

Matériaux	Composition et propriétés	Utilisation
Céramiques Feldspathiques	<ul style="list-style-type: none"> - Phase vitreuse prépondérante - Oxydes principaux : oxyde de silicium et d'aluminium - Céramiques esthétiques mais fragiles 	<ul style="list-style-type: none"> - Emaillage des couronnes céramo-métalliques - Peu usinables
Vitrocéramiques infiltrées	<ul style="list-style-type: none"> - Phase vitreuse infiltrée de cristaux : <ul style="list-style-type: none"> • Leucite : Empress IPS[®], Empress CAD[®] • Disilicate lithium : IPS e.Max[®] - Bonne résistance mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> - Céramiques usinables, large choix thérapeutique (inlay, onlays...)
Céramiques Polycristallines	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de phase vitreuse, il n'y a que des cristaux : oxyde d'Alumine ou de Zircone - exemple : IPS e.max ZirCAD[®] 	<ul style="list-style-type: none"> - Céramique usinables, large choix thérapeutique (inlay, onlays, piliers implantaires...)
Matériaux hybrides	<ul style="list-style-type: none"> - Phase céramique infiltrée par une phase de polymères - exemple : Enamic[®] 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériaux usinables en très faible épaisseur

- Annexe 2 : Extrait du livret commercial des blocs de VITA concernant la composition des blocs en Enamic®.

VITA ENAMIC® Documentation technique scientifique

1.1 VITA ENAMIC – Composition du matériau

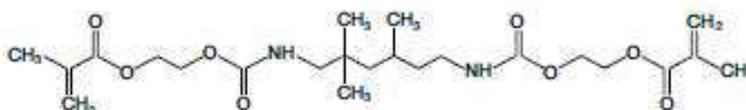
La fabrication du matériau hybride s'effectue par infiltration au sein d'un corps de céramique poreux d'un mélange de monomère suivie d'une polymérisation pour le transformer en polymère. La composition de la céramique s'apparente à celle d'une céramique feldspathique à structure fine dopée à l'oxyde d'aluminium.

Composition de la partie céramique (86 % poids et 75 % vol.)

Dioxyde de silicium	SiO ₂	58 – 63%
Oxyde d'aluminium	Al ₂ O ₃	20 – 23%
Oxyde de sodium	Na ₂ O	9 – 11%
Oxyde de potassium	K ₂ O	4 – 6%
Trioxyde de bore	B ₂ O ₃	0,5 – 2%
Dioxyde de zirconium	ZrO ₂	< 1%
Oxyde de calcium	CaO	< 1%

Composition de la partie polymère (14 % poids et 25 % vol.)

UDMA (diméthacrylate d'uréthane)



TEGDMA (triéthylèneglycoldiméthacrylate)

