

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2020

N° 3677

**PLANIFICATION ESTHÉTIQUE ET FONCTIONNELLE EN PROTHÈSE FIXÉE,
APPORT DES LOGICIELS DE CAO**

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

Présentée et soutenue publiquement par

Marina DESBUQUOIS

le 17/11/2020 devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur : Monsieur le Professeur Laurent LE GUEHENNEC

Assesseur : Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Assesseur : Monsieur le Docteur François BODIC

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

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

Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

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

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger les Recherches

Département de Prothèses

Chef de Service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale

- NANTES –

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Pour votre enseignement, votre supervision et la correction de ce travail,

Veillez recevoir l'expression de mon plus grand respect et le témoignage de mes sincères remerciements.

Monsieur le Professeur Laurent LE GUEHENNEC

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

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger les Recherches

Chef du Département de Prothèses

- NANTES -

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

Pour votre enseignement tout au long de ce cursus, votre rigueur et vos conseils en clinique,

Veillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance ainsi que de mon amitié la plus sincère.

Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Bordeaux

Département de Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,

Biomatériaux, Biophysique, Radiologie.

- NANTES –

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

Pour la pédagogie et l'aide que vous apportez aux étudiants.

Pour votre gentillesse et votre sympathie,

Veillez recevoir l'expression de ma gratitude et de mon amitié.

Monsieur le Docteur François BODIC

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Département de Prothèses

- NANTES –

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

Pour avoir su partager simplement et efficacement votre savoir.

Pour votre vision clinique au-delà du cadre du CHU et vos précieux conseils pratiques,

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

INTRODUCTION

1) Planification esthétique et fonctionnelle en prothèse fixée

1.1. Analyse esthétique

1.1.1. Analyse faciale

- Visage de face au repos
- Profil au repos
- Critères esthétiques de la face au sourire

1.1.2. Analyse esthétique du sourire

- Largeur du sourire
- Symétrie du sourire
- Ligne esthétique
- Corridors latéraux
- Agencement axial des dents visibles lors du sourire
- Embrasures occlusales

1.1.3. Analyse esthétique intra-buccale

- Agencement dentaire et parodontal
- Rapports dento-dentaires
- Proportions intra-dentaires
- Couleur et aspect des dents

1.2. Photographies et vidéos cliniques

1.2.1. Photographies cliniques

- Intérêts
- Principes de base
- Équipements et accessoires
- Formats et sauvegardes
- Séquence photographique pour un projet esthétique

1.2.2. Vidéos cliniques

- Intérêts
- Principes et équipements

1.3. Projet esthétique et fonctionnel

- Évaluation esthétique et fonctionnelle
- Phonation
- Occlusion
- Cire diagnostique ou wax-up
- Mock-up
- Variante

2) Logiciels de conception assistée par ordinateur (=CAO)

2.1. Définition et historique

2.2. Principes généraux de fonctionnement des logiciels de CAO du sourire appliqués à des cas de prothèse fixée

2.3. Différents logiciels actuellement utilisables

2.4. Avantages et limites des logiciels de CAO

2.4.1. Avantages

- Optimisation de la communication avec le patient et le prothésiste
- Motivation du patient, acceptation et coopération active au traitement
- Prédicibilité du traitement
- Respect du gradient thérapeutique
- Suivi contrôlé du traitement
- Prise en charge globale et pluridisciplinaire

2.4.2. Limites

- Coût
- Période de formation
- Sourires uniformisés
- Attention à ne pas idéaliser ce qui reste un simple outil

2.5. Perspectives d'avenir

- Concept d'articulateur virtuel
- Projet esthétique 3D

CONCLUSION

TABLE DES ILLUSTRATIONS

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

La beauté est dans les yeux de celui qui regarde.

Si l'on en croit cette citation d'Oscar Wilde, l'appréciation méliorative de toute chose est liée aux qualités de l'observateur. Pour un façonnier de l'art dentaire, il est donc indispensable d'avoir de « bons » yeux pour restaurer au mieux l'harmonie chez son patient.

La prothèse fixée - qu'il s'agisse de couronne, bridge, facette ou inlay/onlay/overlay – impacte en effet directement le sourire du patient. Or celui-ci est le siège d'une indissociable dualité entre son aspect physique et son aspect psychologique. On peut traduire cela par un besoin de fonctionnalité et d'esthétique. La réussite de toute restauration dans cette discipline odontologique doit donc s'articuler selon ses deux principes. Il est alors nécessaire que les propositions de traitement soient clairement comprises et validées par le patient et l'équipe de soins. Le diagnostic, la planification et la communication sont des éléments-clés pour y parvenir.

Ce travail propose ainsi une première partie qui explore les tenants et aboutissants de la planification esthétique et fonctionnelle en prothèse fixée. Néanmoins, avec l'avènement de l'ère du numérique, les seuls yeux humains et les techniques traditionnelles qui y sont liées se voient complétés voire concurrencés par des logiciels de conception assistée par ordinateur.

Comment ces logiciels fonctionnent-ils ? Quels sont leurs objectifs, leurs avantages et leurs limites ? Quelles perspectives d'avenir nous ouvrent-ils ?

Nous nous efforcerons de répondre à ces questions dans la seconde partie de cet écrit finalement illustré par un essai de modélisation en 3D.

1) Planification esthétique et fonctionnelle en prothèse fixée (=PF)

1.1. Analyse esthétique

L'analyse initiale est une base indispensable à l'élaboration d'un plan de traitement capable de satisfaire aux défis esthétiques tout en respectant les exigences fonctionnelles. Elle est globalement constituée d'une approche en trois étapes et suit un schéma de « check-list », comme proposé par Fradeani ou Levine respectivement en 2007 et 2017, (1,2) qui « zoome » peu à peu sur différents critères essentiels (3). On peut ainsi généralement l'articuler en trois instantanés : visage/dentofacial/dentaire.

Le prérequis à tout cela est bien sûr une anamnèse dentaire et médicale complète du patient et la définition précise des objectifs du traitement envisagé. Levine conseille ainsi de réaliser une sorte d'interview en quelques minutes du patient selon la règle des 80/20, à savoir, 80% d'écoute du patient et 20% de questions ouvertes (2). On pourra ainsi proposer au patient les thérapeutiques les plus adaptées en fonction de son cas et dans le respect du gradient thérapeutique.

1.1.1. Analyse faciale

- On commence tout d'abord par l'étude des critères esthétiques du visage vu de face et au repos (3). Des références sont alors définies :
 - Les **lignes horizontales** sont au nombre de trois : la ligne bipupillaire qui relie les deux pupilles sert de référence horizontale à l'examen du visage vu de face qu'elle sépare d'ailleurs idéalement en deux moitiés (haut/bas), la ligne bicommissurale qui joint les commissures gauche et droite des lèvres et la ligne biophryaque qui est tangente à la convexité sourcilière. On recherche le parallélisme de ces trois repères pour une harmonie globale de la face et l'alignement du plan occlusal (1). La ligne interailes du nez peut aussi s'y ajouter avec les mêmes préoccupations.
 - La **ligne verticale médiane** du visage forme un trait théorique entre la glabella, la pointe du nez, le philtrum et la pointe du menton. On l'espère la plus droite et perpendiculaire possible aux lignes de référence horizontales précédemment évoquées, surtout vis-à-vis de la ligne bipupillaire. En effet, elle partage le visage en deux parties (droite/gauche) qui sont régulièrement asymétriques (3). On notera de plus que le milieu interincisif maxillaire devra s'y aligner pour une meilleure perception esthétique.
 - Le visage peut aussi être détaillé en **trois étages** : l'étage frontal ou supérieur s'étend de la racine des cheveux à la ligne biophryaque, l'étage nasal ou moyen va de la ligne précédente au point sous-nasal et l'étage buccal ou inférieur commence sous le nez et se finit à la pointe du menton. Pour une figure parfaitement proportionnée, ces trois étages doivent être égaux, ce qui peut – dans des cas de dysharmonies très accentuées - nécessiter une action de chirurgie orthopédique (1,3). Toutefois, des disparités existent d'un individu à l'autre et le tiers inférieur de la face joue finalement un rôle des plus importants dans l'appréciation générale de la face car c'est celui qui donne lieu au sourire. La situation du stomion le subdivise à son tour en un tiers supérieur et deux tiers inférieurs selon les critères de perfection théorique.

Ces proportions faciales doivent concorder avec la forme et les dimensions finales des dents pour concourir à un bel ensemble (3).

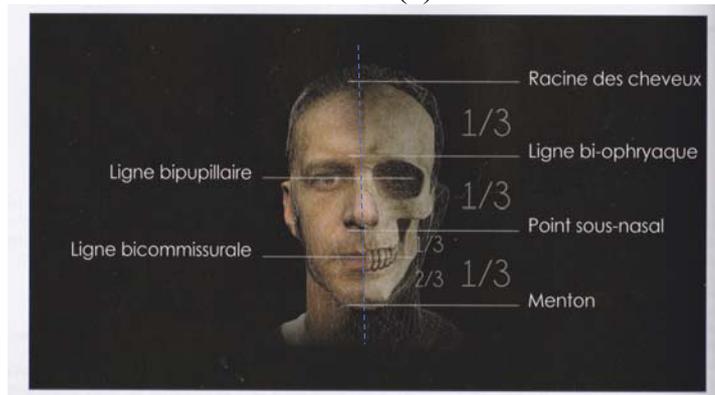


Figure 1 : lignes de référence et étages de la face

- La **visibilité des dents au repos** varie en fonction du sexe et de l'âge du sujet. Les femmes ont ainsi plus tendance à découvrir les incisives maxillaires que les hommes et l'âge a par contre tendance à augmenter l'exposition des dents mandibulaires, creusant encore plus la différence entre les deux sexes (4). L'usure des bords libres maxillaires et le relâchement des muscles expliquent en partie ces observations en lien avec le vieillissement. La restauration des dents antérieures comprenant leur allongement peut donc amener un effet « coup de jeune » au sourire de notre patient.
- On passe ensuite à l'étude du **profil au repos** avec de nouveaux critères esthétiques empruntés à l'orthodontie (3) :
 - Le **profil** est évalué par la mesure de l'angle formé quand on relie la glabelle, le point sous-nasal et la pointe du menton. Pour un profil dit normal, cet angle est égal à 170°, en-deçà, on a un profil convexe (souvent lié à un menton effacé) et au-delà de cette mesure, le profil est concave (avec un menton relativement développé vers l'avant) (1).
 - La **ligne esthétique de Ricketts** (= ligne E) est un autre repère orthodontique décrivant une droite imaginaire tracée de la pointe du nez à celle du menton. Idéalement, les lèvres supérieure et inférieure sont respectivement à 4mm et 2mm en arrière de ce plan. Or, Ricketts reconnaît qu'il peut y avoir de grandes variations entre hommes et femmes, donc il élargit la norme à toute éventualité où les lèvres sont situées en arrière de la ligne E (1). Néanmoins, si les lèvres sont sur cette ligne, on a un profil convexe et si la distance espaçant la lèvre supérieure en arrière de la ligne E excède 6mm, le profil est considéré comme concave et cela sera à mettre en relation avec la longueur maximale des restaurations sur les incisives centrales maxillaires (2). Suivant cette idée, on aura tendance à rallonger ces dents sur un patient présentant un profil plutôt concave et vice-versa sur un profil convexe. Pour ce faire, on modulera leur taille dans l'intervalle de 10 à 12mm reconnu comme moyenne de longueur des incisives centrales maxillaire pour les sujets caucasiens (5). Ces proportions peuvent toutefois changer avec l'origine ethnique des patients (6).
 - L'angle naso-labial (= **ANL**) est dessiné par le croisement de deux tangentes, l'une à la base du nez et l'autre au bord externe de la lèvre supérieure (1). Sa mesure idéale

est de 90° . Si $ANL < 90^\circ$, le maxillaire est proéminent et les restaurations des dents antérieures de cette arcade doivent être limitées en longueur et volume pour ne pas aggraver la situation de dominance du maxillaire par rapport à la mandibule. A l'inverse, si $ANL > 90^\circ$, le maxillaire est en rétrusion et on peut bien rehausser les dents antérieures maxillaires afin de rétablir l'équilibre (2). S'agissant encore d'une mesure orthodontique, elle est notamment influencée par le sexe du patient. Ainsi, pour les femmes, la norme passe de 90° à 100° . De plus, ce paramètre étant influencé par la forme du nez, les préférences dépendent aussi de l'origine ethnique du patient (7).

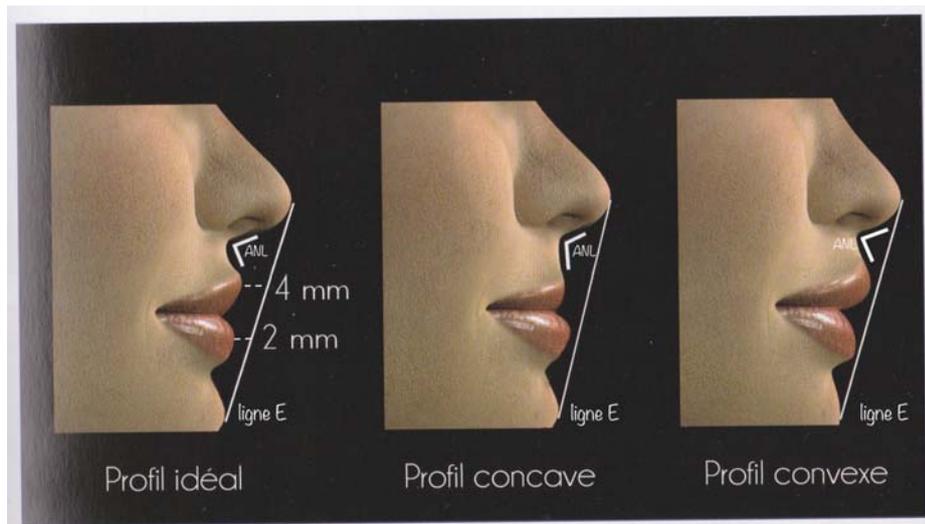


Figure 2 : analyse du profil

- Les **lèvres** et leur symétrie sont aussi très importantes dans notre analyse esthétique (2). Elles sont l'un des trois paramètres fondamentaux du sourire avec les dents (blanches) et les gencives (roses). Le type labial est catégorisé comme épais, moyen ou fin et, si le patient a des doléances sur ce point, on peut éventuellement lui proposer une thérapeutique visant à redonner du volume à ses lèvres dans la recherche d'un effet rajeunissant. Cela peut se réaliser au moyen d'injections d'acide hyaluronique ou d'implants, lipoplasties voire des techniques mixtes impliquant des neurotoxines en injections intramusculaires pour un effet plus pérenne (8). On note encore des différences ethniques (les mélanodermes ont génétiquement des lèvres plus épaisses et leur volume varie moins avec l'âge que chez les autres ethnies) mais des lèvres plus pleines par rapport à la largeur du visage et une plus grande hauteur de vermillon sont perçues comme attrayantes chez les femmes de toutes origines. Il existe en outre un rapport de proportions intéressant à retenir entre la lèvre supérieure et son homologue inférieure. De la sorte, on sait que le ratio optimal pour des sujets caucasiens plutôt jeunes est de 1 : 1,6, ce qui correspond globalement au ratio du nombre d'or utilisé depuis l'époque de Léonard De Vinci (9).
- Le **besoin** d'un **éventuel** traitement d'orthopédie dentofaciale (= **ODF**), qu'il soit simplement orthodontique ou nécessite une chirurgie orthognathique, peut être évoqué en lien avec la forme du profil initial, l'ethnie et le caractère du patient (1). Ce genre de procédure entraîne en effet souvent des modifications des repères précédents et cela de façon encore peu prédictible, par exemple en ce qui concerne l'ANL (10).

- Enfin, on s'attache à explorer les critères esthétiques de la face lors du sourire (3) :
 - La **ligne du sourire** est prépondérante à bien cerner car elle a un retentissement très fort sur plusieurs paramètres cliniques dont l'abord parodontal de l'esthétique (3). Cette ligne est définie lors du sourire normal par le bord inférieur de la lèvre supérieure et entre dans une classification à trois groupes. Elle peut donc être haute (10% de la population générale), moyenne (70%) ou basse (20%) (11). Une ligne du sourire haute découvre entièrement les dents antérieures et une bande de gencive plus ou moins importante. Le sourire gingival qui en découle est considéré comme encore agréable si la hauteur de gencive exposée ne dépasse pas 1mm, entre 2 et 3mm elle reste acceptable aux yeux de la majorité mais au-delà de 3mm cela devient déplaisant (12). Ce phénomène est deux fois plus fréquent chez les femmes que chez les hommes (13) et ajoute de la complexité pour la restauration esthétique. Plusieurs facteurs peuvent induire, seuls ou en association, un sourire gingival : une lèvre supérieure courte, une hypermotilité labiale, une éruption passive des dents modifiée, une égression dentoalvéolaire du maxillaire antérieur, un développement vertical excessif du maxillaire supérieur et il convient de bien les identifier pour apporter une thérapeutique adaptée, notamment dans les cas où un abord ODF peut éviter de préparer des dents saines (1). Une ligne du sourire moyenne découvre entre 75 et 100% des dents antérieures et les papilles gingivales interproximales. Enfin, une ligne du sourire basse n'expose qu'une portion inférieure à 75% des dents antérieures. On note de plus qu'indépendamment du type de ligne du sourire, le bord inférieur de la lèvre supérieure peut prendre une forme convexe, plate ou concave en son centre quand elle se relève, ce qui influence encore la surface dentaire et gingivale exposée au sourire. (1) En outre, l'âge fait baisser le niveau de la ligne du sourire chez tous les individus quel que soit leur sexe (4).



Figure 3 : ligne du sourire (haute/moyenne/basse)

- La **ligne incisive** suit la moyenne des quatre bords incisifs maxillaires, les incisives latérales étant en moyenne 2mm plus courte que les centrales. Elle est l'image antérieure du plan d'occlusion. En partant d'un principe de droite théorique, cette ligne doit être horizontale, parallèle aux lignes bipupillaire et bicommissurale et perpendiculaire à la ligne verticale médiane (3). Cliniquement, il convient de regarder comment les bords libres des quatre incisives maxillaires font écho à la courbe formée par le bord supérieur de la lèvre inférieure (2), ce qui donne lieu à une trajectoire incisive généralement convexe vers le bas et plus ou moins en contact avec la lèvre inférieure voire recouverte par celle-ci.
- La **ligne interincisive maxillaire** se place idéalement sur la ligne verticale médiane du visage. On peut tolérer qu'elle s'en éloigne de 2mm au maximum tant qu'elle reste verticale et parallèle à la ligne médiane du visage. Par contre, la moindre

inclinaison est immédiatement perçue comme inesthétique par le public même profane et doit être corrigée par les restaurations envisagées (3). Elle doit idéalement être alignée avec son homologue mandibulaire.

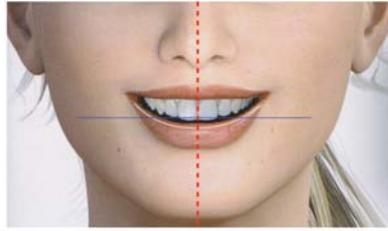


Figure 4 : lignes incisive et interincisive

1.1.2. Analyse esthétique du sourire

- La **largeur du sourire** est à prendre en compte dès le début de l'étude du cas étant donné qu'elle influencera le choix de la technique et des matériaux employés pour les futures restaurations. En effet, le mouvement labial correspondant au sourire expose en général les dents antérieures jusqu'aux secondes prémolaires voire aux premières molaires maxillaires (3). Ces dernières sont visibles au sourire chez 39% des sujets caucasiens (14), ce qui impose des restaurations où l'esthétique sera à prendre en compte même à ce niveau postérieur de l'arcade, notamment par l'emploi de céramique plutôt que du métal avec une préparation différente des faces vestibulaires (1). On prévoira donc dans ces cas des congés larges ou épaulements s'il est nécessaire de couronner ces dents et des veneerlays peuvent aussi être proposés dans des cas où un overlay serait trop disgracieux au niveau de sa jonction collée en face vestibulaire de la dent dévoilée au sourire, voire sur des terrains à atteintes génétiques congénitales (ex : amélogénèse, dentinogénèse imparfaites ou MIH).
- La **symétrie du sourire** est particulièrement importante car elle conditionne toute notre analyse esthétique. En effet, une asymétrie plus ou moins prononcée du sourire peut fausser toute cette étude en affectant des paramètres cruciaux, surtout en ce qui concerne l'exposition dentaire et gingivale sans que ceux-ci soient directement les facteurs qui posent problème. On doit alors se référer aux repères de la face (3).



Figure 5 : sourire asymétrique

- La **ligne esthétique** va des bords libres des incisives aux pointes cuspidiennes vestibulaires des prémolaires maxillaires en passant par les pointes canines. Elle forme idéalement une légère concavité supérieure (3). Cette courbe est peu marquée chez les patients en classe I, très visible en classe II et aplatie pour les sujets en classe III (1). Dans tous les cas, cette ligne/courbe doit être parallèle au bord supérieur de la lèvre inférieure et les points cuspidiennes maxillaires doivent affleurer la ligne cutanéomuqueuse de la lèvre inférieure pour avoir un sourire harmonieux (3). En cas de ligne incisive vraiment plate, où toutes les dents ont une longueur identique avec une perte des angles incisifs naturels (ex : usures), on a par exemple un rendu esthétique très péjoratif qui conduit à une impression de vieillesse. Quelle que soit l'anomalie touchant ce paramètre (ligne trop haute/basse, trop plate/oblique ou inversée), il convient d'en élucider l'origine avant de proposer une thérapeutique.

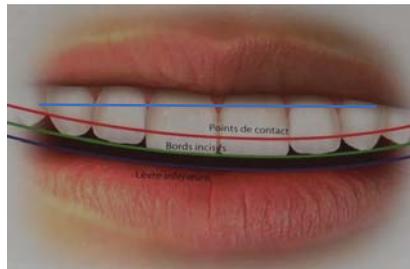


Figure 6 : ligne esthétique idéale



Figure 7 : ligne esthétique oblique/plate/inversée

- Les **corridors latéraux** sont les espaces ombrés de part et d'autre de la bouche entre les faces vestibulaires des dents maxillaires et les coins des lèvres lors du sourire. Plus le sourire est large (en nombre de dents maxillaires exposées), plus les corridors labiaux sont étroits ou même absents. A contrario, des corridors latéraux très importants sont liés à un sourire qui apparaît étriqué et le rendu est perçu comme très disgracieux (15). On peut alors suggérer des restaurations esthétiques atteignant jusqu'aux dents postérieures dans le cas où la solution orthodontique n'est pas retenue (3). Attention toutefois à ne pas vestibuler exagérément ces restaurations car cela peut créer un effet de bloc artificiel encombrant le sourire en cassant sa progression naturelle. En effet, la distance graduelle des dents vis-à-vis de l'œil de l'observateur crée la perspective et celle-ci est renforcée par la réflexion de la lumière qui diminue petit à petit sur les portions moyenne et postérieure de l'arcade. Les axes et épaisseurs de préparations seront alors essentiels à bien maîtriser sur ces dents (1). On note par ailleurs que la hauteur des dents diminue aussi incessamment quand on parcourt l'arcade dans le sens antéro-postérieur.



Figure 8 : corridor labial large/normal/absent

- L'agencement axial des dents visibles au sourire obéit à une norme esthétique voulant qu'elles présentent une légère convergence vers un axe vertical médian descendant. Ainsi, les dents du bloc incisivo-canin présentent une inclinaison distale de leurs racines et cette inclinaison augmente de façon concomitante avec la position distale de ces dents sur l'arcade (2). Les incisives centrales ont donc l'axe le plus proche de la verticale - toute divergence par rapport à la controlatérale est immédiatement repérée - et cette bascule dentaire doit être la plus symétrique possible, même si on tolère de grandes variations concernant les incisives latérales et plus minimes pour les canines (3).



Figure 9 : agencement axial des dents du sourire

- Les embrasures occlusales sont en relation directe avec la position des surfaces de contact interdentaires. Étant donné que ces dernières ont une situation de plus en plus apicale quand on se déplace des incisives centrales aux canines dans une denture modèle, les triangles espaçant la convexité des faces distale et mésiale de deux dents adjacentes s'élargissent en suivant ce même mouvement (1). De cette façon, la hauteur des zones de contact entre les dents rapportée à celle des dents en partant des incisives centrales vers les canines est respectivement de 40%, 30%, 20% puis 10% en distal de la canine tandis que l'embrasure représente 20% de la hauteur des incisives centrales puis augmente à 25%, 30% et 35% jusqu'aux faces mésiales des premières prémolaires maxillaires (2). C'est ce phénomène qui dessine « l'aile de mouette » caractéristique du décalage des bords libres considérés comme jeunes (3). L'abrasion et l'usure effacent ces embrasures avec le temps et il convient donc d'y apporter un soin particulier pour des restaurations à visée esthétique.

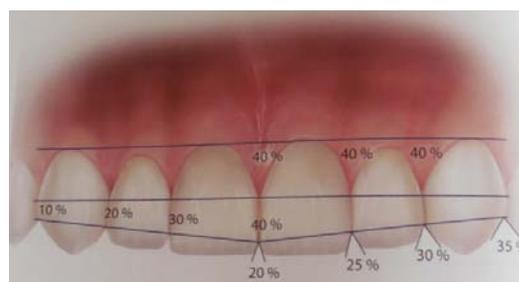


Figure 10 : embrasures occlusales

1.1.3. Analyse esthétique intra-buccale

- L'agencement dentaire et parodontal doit traduire un équilibre entre la zone « blanche » (les dents) et la zone « rose » (la gencive). Sans entrer dans tous les détails du Pink and White Esthetic Score qui est un outil d'analyse approfondie de ces paramètres aussi bien pour des implants que des dents naturelles vues de façon unitaire (16), on met ici l'accent sur la ligne des collets et la position des zéniths gingivaux au niveau des dents antérieures. Il convient bien entendu, avant d'entamer cette partie, de définir le **biotype gingival** du patient (fin, moyen ou épais) et de s'assurer de la bonne **santé du parodonte** (papilles - visibles dans 90% des sourires (17)-, intégrité biologique et absence d'inflammation).
 - La **ligne des collets**, définie par les niveaux des collets des canines et incisives centrales maxillaires, doit être la plus régulière possible, a fortiori chez les patients ayant une ligne du sourire haute. La ligne des collets doit être parallèle au plan d'occlusion et aux lignes horizontales de référence du visage (lignes bipupillaire et bicommissurale). Pour ce qu'il en est du parallélisme, il doit idéalement exister entre cette ligne et celles formées par les bords incisifs ainsi que le rebord supérieur de la lèvre inférieure, toujours dans un souci d'harmonie globale (1). On recherche de plus une symétrie des tissus mous qui se traduit par un niveau identique de hauteur des collets des incisives centrales et des canines maxillaires alors que ceux des incisives latérales se situent 1 à 1,5mm en deçà de cette ligne horizontale (2). En cas de dysharmonie, une gingivectomie peut régler le problème s'il est léger. On envisagera une chirurgie parodontale pour les cas plus complexes (élongation coronaire, lambeau, greffe) (3).
 - Les **zéniths gingivaux** sont les points les plus hauts de la concavité du collet gingival. Leur position vis-à-vis de l'axe vertical de la dent dépend de l'emplacement de celle-ci sur l'arcade (3). Ainsi, le zénith gingival est situé 1mm en distal de l'axe vertical médian de l'incisive centrale maxillaire alors qu'il s'en écarte seulement de 0,4mm sur la latérale et est centré sur la canine (18). Une asymétrie est perceptible dès 1mm par tout public et conduit à un ressenti négatif quand elle concerne les incisives centrales maxillaires. Elle doit être corrigée. En revanche, une asymétrie sur les quatre autres dents du bloc incisivo-canin n'a pas ou peu d'impact sur le ressenti du public (19).



Figure 11 : ligne des collets et zéniths gingivaux

- Rapports dento-dentaires

- Le **nombre d'or** a eu de multiples applications dans des domaines aussi variés que la peinture, l'archéologie, l'architecture, la musique ou encore l'esthétique mathématique depuis sa découverte dans l'Antiquité. Il est défini comme une proportion géométrique entre deux longueurs a et b telles que le rapport de la somme $a + b$ des deux longueurs sur la plus grande (a) soit égal à celui de la plus grande (a) sur la plus petite (b) (3). Sa valeur est arrondie à 1,618. Une application de cet outil mathématique a été proposée dans l'univers esthétique dentaire par Lombardi en 1973 puis remodelée par Levin en 1978 et revue par Snow en 1999. Selon ces considérations, le nombre d'or conduit à un rapport idéal entre la largeur de l'incisive latérale et celle de l'incisive centrale maxillaire égal à $1/1,618$ tandis que le ratio entre la largeur de l'incisive latérale et la canine maxillaire devrait être $1/0,618$ en vue de pleine face du sourire. Chaque dent du groupe incisivo-canin maxillaire présente alors un volume égal à 61% de la précédente de mésial en distal ; en outre, si on ne considère qu'un côté du sourire de face, les deux incisives et la canine représentent à elles trois 61% de la largeur en partant de la ligne verticale médiane vers l'extrémité des commissures labiales. Or ces proportions ne sont pas des dogmes absolus dans la réalité, d'autant plus qu'elles ne sont basées que sur un angle de visibilité restreinte des dents maxillaires car uniquement observables de face (1). En sus, les études tendent à prouver que ces assertions théoriques ne sont pas vraiment significatives dans l'appréciation réelle de l'harmonie du sourire (20) et sont rares dans la nature.



Figure 12 : proportions respectant le nombre d'or

- Le **concept RED** pour *Recurring Esthetic Dental proportion* proposé par Ward, toujours sur une vue de face des dents du sourire, avance que les largeurs des dents maxillaires diminuent progressivement et selon une proportion constante normée sur la taille de l'incisive centrale (3). Ce pourcentage peut varier de 60 à 80% mais la littérature note une nette préférence de la population générale, tous horizons confondus, pour un ratio de 70% (21).



Figure 13 : proportion RED

- Proportions intra-dentaires

- On peut mesurer les **dimensions** réelles des dents du sourire en les examinant individuellement et chacune à leur tour de face. Maintes études ont été réalisées sur des dents extraites pour en codifier la taille. On note donc que les incisives centrales maxillaires ont une largeur moyenne comprise entre 8,5-9,5mm et une longueur moyenne comprise entre 10-12mm. Pour les incisives latérales, les dimensions moyennes sont de 7-7,4mm sur 9,3-9,5mm et les canines font généralement 8mm de largeur pour 9,9-10, 8mm de longueur (5). De cette façon, les incisives centrales maxillaires sont les dents les plus volumineuses du bloc antérieur maxillaire, ce qui est renforcé par leur position frontale au sourire et les désigne comme repères fondamentaux de la planification esthétique. Cette dominance caractéristique de l'incisive centrale maxillaire lors du sourire est donc une des clés de son attractivité (3). Le sexe et l'âge peuvent influencer ces dimensions qui seraient ainsi majorées chez l'homme par rapport à la femme tandis que l'usure des bords incisifs est la marque du temps qui passe.

- La **forme** des dents est conditionnée par celle des crêtes interproximales aussi appelées « lignes de transition » ainsi que leur disposition. On trouve en conséquence trois archétypes de formes réparties comme suit selon une étude française : rectangulaire (58%), triangulaire (21%), et ovoïde (21%) (22). Effectivement, les lignes de transition verticales et obliques séparent les différentes faces de chaque dent car elles jouent le rôle de réflecteurs lumineux. En jouant sur leurs axes et leur position sur la dent, on peut donc, par illusion d'optique, modifier la perception visuelle de cette dernière autant en forme qu'en longueur/largeur. On peut aussi jouer sur les composantes verticales et horizontales des états de surface pour moduler l'image de la forme globale d'une dent : celle -ci paraîtra plus longue/étroite si on accentue ses caractéristiques verticales et plus courte/large en mettant l'accent sur ses traits horizontaux (3). Par ailleurs, les contours dentaires influencent aussi la forme des dents comme, par exemple, les lobes arrondis d'une incisive centrale jeune (effet amincissant) *versus* un bord libre aplati par l'usure (effet élargissant).



Figure 14 : formes triangulaire/rectangulaire/ovoïde et lignes de transition

- Le **rapport largeur/hauteur** est prépondérant dans la vision qu'un observateur lambda aura des dents du sourire. Cette proportion est un critère plutôt fiable car elle n'est sujette qu'à de faibles écarts entre homme/femme et même entre les dents d'un même sujet. On l'a majoritairement étudiée sur l'incisive centrale maxillaire et la valeur idéale du ratio largeur/hauteur est alors de 80% (1). Toutefois, on tolère un écart de 5% qui élargit la fourchette optimale à des valeurs comprises entre 75% et 85%. En revanche, une proportion trop faible ou trop élevée donne une apparence respectivement trop carrée ou trop rectangulaire aux dents (3).



Figure 15 : rapport L/h = 80%

- Couleur et aspect des dents

La **couleur** de leurs dents est un critère fondamental dans les préoccupations esthétiques de nos patients (23). Elle se définit le plus souvent selon le modèle TSL qui prend en compte trois paramètres : teinte, saturation et luminosité. La teinte est la couleur de base perçue par l'œil humain, la saturation correspond à la l'intensité chromatique et la luminosité exprime le niveau de gris présent dans la dent sur une échelle décroissante allant du blanc (luminosité maximale) au noir (luminosité minimale) (24). On peut donc réaliser des illusions d'optique en jouant sur ces critères comme, par exemple, augmenter la luminosité d'une dent pour la faire ressortir plus dans le sourire. En effet, pour deux dents ayant la même teinte, si l'une est plus vestibulée que l'autre, elle paraîtra automatiquement plus lumineuse que sa voisine. Par ailleurs, on constate généralement que les canines sont plus saturées que les incisives et l'application d'un gradient progressif de saturation partant de l'incisive centrale à la canine donnera un effet naturel aux restaurations antérieures (1). On note sur ce thème deux règles de base données par Levine : les dents ne doivent jamais être plus blanches que le blanc des yeux car cet écart est très visible pour l'observateur et diminue la crédibilité des restaurations ; aucune dent de la zone esthétique ne devrait jamais être plus lumineuse que les incisives centrales (2). Il existe d'autres propriétés importantes qui affectent le résultat global de la restauration esthétique, telles que l'opalescence, la fluorescence, la translucidité et le métamérisme (25). Ce dernier est directement lié au facteur le plus important qui influence la perception des couleurs : la nature de la lumière ambiante dans la pièce, son type, la puissance et l'angle d'entrée (26).

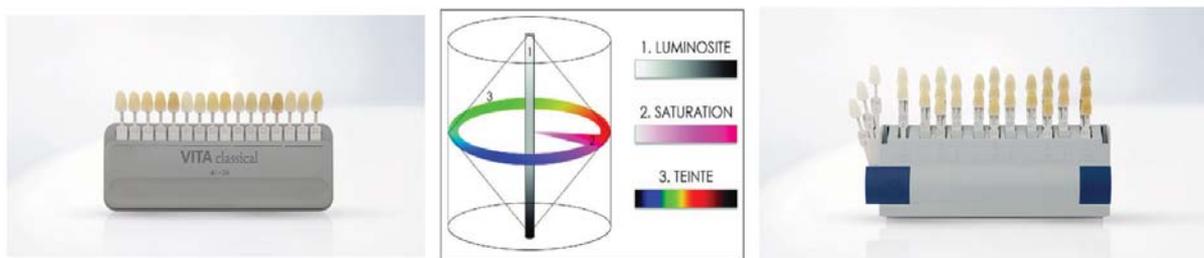


Figure 16 : modèle TSL de la couleur illustré par le cylindre de Münsell et teintiers les plus utilisés en pratique courante pour les références en restaurations céramiques

La prise de couleur est traditionnellement réalisée au cabinet à l'aide de teintiers ou d'un spectrophotomètre.

Pour les restaurations en céramique, on privilégie généralement le teintier Vita 3D Master (qui joue sur 3 composantes de la couleur : luminosité, saturation, teinte) ou simplement le teintier Vita Classical (qui joue uniquement sur 2 composantes de la couleur : saturation et teinte). Néanmoins, cette étape est très subjective et dépend entre autres de la vue du praticien, sa fatigue et ses émotions ainsi que celles de son patient. On note aussi que les différentes teintes proposées, qui plus est avec des intervalles irréguliers entre elles, ne permettent pas de retrouver précisément toutes les couleurs présentées par les dents naturelles. Cela aboutit à des approximations parfois sources d'échec. L'emploi d'un spectrophotomètre semble donner des résultats plus fiables (26,27) mais ce type d'appareillage reste assez onéreux, nécessite un apprentissage et un calibrage régulier très précis, demande parfois un temps de chauffe et est parfois biaisé par la géométrie de surface de la dent qui peuvent nécessiter l'emploi d'un guide de repositionnement(28).

Un nouvel outil basé sur le système de lecture objective et mathématique de la couleur CIE $L^*a^*b^*$, mixant la photographie numérique et le logiciel informatique Adobe Lightroom® se propose d'y répondre : c'est le protocole e-LAB. Il vise à augmenter la précision et la fiabilité de la lecture, l'analyse de la couleur ainsi que sa reproduction au laboratoire de prothèse (29). On prend donc une photographie numérique (prise en mode RAW avec des réglages standardisés et une polarisation croisée pour éviter les reflets de l'émail). Celle-ci est calibrée par Adobe Lightroom® selon le profil de l'appareil employé pour obtenir les coordonnées $L^*a^*b^*$ sur la zone ciblée de la dent testée et l'application e-LAB_pilot donne au prothésiste la « recette » avec les proportions de poudres de dentine et de colorants à mélanger pour obtenir le mélange correspondant à la couleur de la dent en question.

Cette solution donne de très bons résultats mais est aussi très onéreuse : le pack comprenant l'abonnement initial d'un an au logiciel et les outils nécessaires à sa mise en œuvre dans la pratique au cabinet coûte en effet 999€ puis il faudra réinvestir 420€/an pour renouveler la licence, ce qui peut freiner son emploi (30).

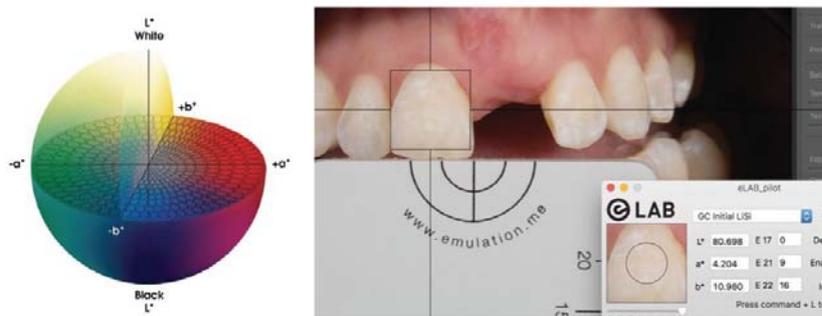


Figure 17 : modèle CIE $L^*a^*b^*$ et aperçu de l'analyse d'une photographie polarisée sur le logiciel e-LAB_pilot

L'état de surface dentaire est le dernier paramètre ici évoqué. On y distingue des micro-textures et des macro-textures. Les premières sont formées par les périkématies : de très fines lignes, majoritairement horizontales, présentes sur les dents jeunes et disparaissant le plus souvent vers 40-50 ans tandis que les secondes sont les lobes qui divisent la face vestibulaire en plusieurs parties et s'estompent, elles aussi, avec le temps et l'abrasion notamment des muscles labiaux et jugaux. Ces caractéristiques influencent la réflexion et la réfraction de la lumière et permettent donc de créer une variation illusoire de la taille des dents du sourire (1).



Figure 18 : micro- et macro-textures dentaires

1.2. Photographies et vidéos cliniques

1.2.1. Photographie clinique

Depuis qu'en 1848, les docteurs R. Thompson et W. Elde de Columbus, dans l'Ohio, ont utilisé pour la première fois les photographies pré- et post-opératoires en dentaire, donnant lieu à un article publié, une frontière en matière de diagnostic et de planification de traitement en dentisterie a été franchie (31). L'ère du numérique a fini de révolutionner cette pratique tout en la rendant plus accessible et impose aujourd'hui la photographie clinique comme une compétence essentielle de tout praticien souhaitant notamment s'impliquer en dentisterie esthétique (2).

- Intérêts

- La **communication** est la première raison d'être de la photographie au cabinet dentaire. En effet, elle se décline en trois versants indispensables à son bon fonctionnement. Premièrement, on a la communication avec le **patient**, qui sert à l'informer de son état dentaire, le motiver et obtenir son consentement éclairé défini comme suit par la loi du 4 mars 2002 : « *Toute personne prend, avec le professionnel de santé et compte tenu des informations et des préconisations qu'il lui fournit, les décisions concernant sa santé. [...] Aucun acte médical ni aucun traitement ne peut être pratiqué sans le consentement libre et éclairé de la personne et ce consentement peut être retiré à tout moment.* » (32) Ensuite, on a évidemment la correspondance avec le laboratoire du **prothésiste** qui est garante du succès prothétique, notamment pour la transmission du choix de la teinte de la restauration souhaitée ainsi que celle de la dent préparée, voire dans les cas de projets esthétiques virtuels (3) que nous évoquerons plus tard. Enfin, dès lors qu'il y a nécessité d'une prise en charge **pluridisciplinaire**, les détails apportés par les clichés photographiques seront de précieux atouts pour un meilleur entendement du cas clinique par toutes les parties.



Figure 19 : photographie de prise de la teinte du moignon de 11 avec un teintier Vita Classical

- La **pose de diagnostic et l'élaboration du plan de traitement** est une autre indication de la photographie clinique, c'est d'ailleurs sa principale application pour 84% des praticiens utilisateurs de ces appareils numériques selon une étude britannique de 2010 (33).
- La **documentation médico-légale** s'en nourrit aussi énormément car les litiges sont malheureusement de plus en plus courants dans la profession. Le suivi photographique du patient permet donc de défendre plus efficacement ses positions en étoffant le dossier clinique de clichés précis et datés (preuve du respect de

l'obligation de moyens). De plus, le simple fait que le patient voie des photographies qui ont été prises au moins avant et après sa prise en charge peut désamorcer des allégations qui auraient pu mener à des suites judiciaires (34).

- D'autres utilisations sont envisageables pour la photographie clinique en odontologie telles que l'**auto-évaluation** dans une optique de perfectionnement continu de sa pratique professionnelle, une certaine forme de **marketing** professionnel (en présentant des images pré- et post-op **anonymisées** de cas terminés aux patients potentiellement concernés par ce type de restaurations pour une meilleure acceptation du plan de traitement) et enfin l'**enseignement** à des étudiants ou d'autres professionnels de santé (2).

- Principes de base

- Le **cadrage** et le **rapport de reproduction** sont fondamentaux. Le premier vise à obtenir la visibilité de tous les éléments souhaités sur la photographie. Une erreur de centrage peut être rattrapée par des logiciels informatiques mais si le cadrage est trop mauvais, il manque des informations et le cliché doit être repris (3). Selon Levine, les photographies intra-orales doivent avoir un rapport de reproduction compris entre 1/1 et 1/3, ce qui impose l'emploi d'objectifs dits « macros » et il est bon de noter quel rapport a servi pour chaque cliché afin de pouvoir comparer significativement les clichés pris à divers stades du suivi (2).



Figure 20 : réglage du rapport de reproduction sur un objectif macro

- La **mise au point** et la **profondeur de champ** sont intimement liées. Faire la mise au point consiste à placer la zone d'intérêt du sujet dans le plan focal pour que les rayons lumineux émanant de cette partie convergent à travers la lentille de l'objectif en un seul point du capteur afin d'en obtenir une image nette. Cela peut être obtenu par le mode autofocus (AF) de la plupart des appareils numériques présents sur le marché aujourd'hui ou en mode focus manuel (MF) sur les reflex, ce qui permet au praticien de choisir le plan focal en se rapprochant ou s'éloignant du sujet (3). La profondeur de champ régit quant à elle la région qui s'étend de chaque côté de la mise au point et dans laquelle la netteté reste correcte. Elle permet de jouer sur le modelé de l'image ainsi que son rendu en termes d'espace et volume. Avec une petite ouverture du diaphragme (grande valeur f), la profondeur de champ est étendue et on obtient une image nette sur sa quasi-totalité. A contrario, avec une ouverture plus grande, la profondeur de champ est réduite et de vastes zones sont floues. Pour les photographies cliniques, qui sont majoritairement de type macro, on a une profondeur de champ minimale qu'il convient d'utiliser à bon escient afin d'attirer le regard sur la partie intéressante du cliché (35).



Figure 21 : la mise au point est correcte sur toute la photo de gauche alors qu'elle est réduite à la seconde prémolaire sur celle de droite qui a une profondeur de champ plus petite

- L'**exposition** est définie comme la quantité totale de lumière reçue par le capteur pendant la prise de vue (3). Elle est un facteur clé de la réussite d'une photographie clinique. En effet, si l'image est surexposée, elle apparaîtra trop claire alors qu'en cas de sous-exposition, elle sera trop sombre (2) ; dans les deux cas, elle ne sera pas exploitable car de nombreux détails auront disparu et l'appréciation générale sera biaisée par ce défaut de luminosité perçue. Une bonne exposition est obtenue en réglant convenablement l'ouverture, la vitesse d'obturation de l'appareil et en sélectionnant la bonne sensibilité ISO du capteur. On privilégie donc le mode priorité à l'ouverture (contrôle du diaphragme et réglage électronique de la vitesse) ou le mode manuel (contrôle de l'ouverture du diaphragme et de la vitesse d'obturation) pour la photographie clinique. On peut aussi faire varier la photosensibilité du capteur en augmentant la valeur ISO de 100 à 200 ou bien en grimant à +1 ou +2 sur l'échelle de compensation de l'exposition (35), par exemple pour la prise de cliché intrabuccaux par le biais de miroirs. Il faut de plus que la vitesse d'obturation soit synchronisée avec le déclenchement du flash utilisé pour un résultat optimal.

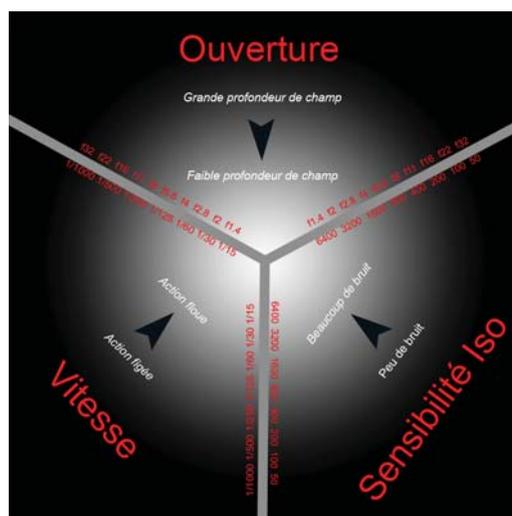


Figure 22 : le trio de réglages influençant l'exposition

- Équipements et accessoires (2,3,31,35)
 - Le **boîtier** et ses trois composants principaux (diaphragme, obturateur, capteur) sont les premiers éléments à prendre en compte pour une photographie clinique de bonne qualité. On privilégie pour cela les appareils photo reflex numériques qui permettent un bon réglage des trois paramètres précédemment évoqués que sont l'ouverture du diaphragme, la vitesse d'obturation et la sensibilité ISO du capteur. Le diaphragme est assimilable à l'iris d'un œil car il est constitué de plusieurs lamelles mobiles qui modulent son ouverture notée f et il est bon de noter que la quantité de lumière atteignant le capteur est diminuée de moitié entre chacune de ses valeurs normalisées. L'obturateur est le mécanisme qui permet l'exposition du capteur à la lumière pendant un temps précis. La vitesse d'obturation doit être comprise entre 1/125 et 1/200 pour des photographies cliniques réussies. Le capteur photosensible n'a pas besoin d'être en *full frame* (grande taille : 24 x 36mm) en dentaire mais simplement du type APS-C (Advanced Photo System - type C : 15,7 x 23,4mm) car on réalise toujours les photographies cliniques avec un flash, ce qui compense leur défaut de précision intrinsèque (bruit) en basse lumière. De plus, les boîtiers APS-C bénéficient d'une plus forte densité de pixels que les *full frame*, ce qui leur confère généralement une meilleure résolution. On notera qu'il est recommandé de se baser sur une résolution de 300 ppp (pixels par pouce) pour obtenir un rendu de l'image correcte sur la majorité des supports en corrélant cette mesure à la taille de l'écran utilisé. Un capteur de 10 mégapixels est suffisant dans ces conditions.
 - L'**objectif** est un dispositif optique composé de lentilles traversées par les rayons lumineux en provenance du sujet et formant sur le capteur une image inversée et diminuée par rapport à l'original. La photographie clinique en odontologie nécessite un objectif macro compris entre 85 et 105mm à focale fixe car cela permet un rapport de reproduction compatible avec un minimum de déformations et une perspective qui reste naturelle. De plus, on peut travailler à une distance confortable de la bouche du patient avec ce type d'objectif qui pourra en outre être utilisé pour des prises de portraits sans distorsion notable.
 - Le **flash** utilisé en photographie clinique doit être externe au boîtier car une source lumineuse partant d'un seul point frontal génère des plages d'ombres incompatibles avec une iconographie clinique de qualité. On a donc le choix entre un flash de type annulaire ou un dispositif double et disposé de part et d'autre du boîtier voire de l'objectif pour obtenir un éclairage homogène sur l'ensemble de l'image. On obtient plus de reliefs sur un cliché pris avec des flashes latéraux, ce qui donne un meilleur rendu en antérieur alors que le flash annulaire se révèle plus performant en postérieur avec sa lumière très franche et uniforme qui supprime toutes les ombres mais aplatit néanmoins un peu l'image.



Figure 23 : trio essentiel de l'équipement photographique : boîtier, objectif, flash

- Les **écarteurs** permettent de maintenir les joues et lèvres à l'écart des dents pour les photographies de face, latérales et occlusales tout en visant un effet optimal du flash. Ils peuvent être en matière plastique ou en acier inoxydable mais doivent être stérilisables ou à usage unique pour éviter tout risque de transmission croisée entre patients. On en trouve de différentes formes, à utiliser seul ou par paire pour les versions latérales. On. Notera l'emploi possible en photographie de dispositifs de soins comme l'Optiview® de Kerr ou l'Optragate® de chez Ivoclar Vivadent qui ne nécessite pas leur maintien par le patient ou la présence concomitante d'une assistante au fauteuil.



Figure 24 : écarteurs latéraux/unitaire/optiview/optragate

- L'emploi de **contrasteurs** peut se révéler judicieux pour mettre mieux en évidence les dents antérieures tout en améliorant leur exposition et en occultant la langue et autres tissus mous par un fond noir. Ce fond noir mat permet par ailleurs d'évaluer la translucidité des bords libres et les caractéristiques de surface des dents du sourire ainsi isolées du reste de la cavité buccale. Il faut eux aussi pouvoir les stériliser.



Figure 25 : exemples de contrasteurs et leur application

- Les **miroirs** latéraux et occlusaux sont indispensables pour réaliser des photographies intrabuccales de qualité. Ils peuvent être en verre (plus réfléchissants mais plus sujets aux rayures donc à changer plus fréquemment) ou en acier inoxydable extrêmement poli (et quasi-inusable), autoclavables. Pour les miroirs en verre, il faut que la partie métallisée (chrome, titane ou rhodium) soit sur la partie supérieure car l'inverse créerait une image double à cause des différences de dioptré (double réflexion). Le miroir doit être parfaitement propre et exempt de salive pour la prise de cliché correct. Pour éviter la formation de buée, due à la respiration du patient et la chaleur humide de la cavité buccale, on peut préalablement les réchauffer en les plongeant dans de l'eau tiède et/ou utiliser en bouche le jet d'air de la soufflette de l'unit.



Figure 26 : exemples de miroirs intrabuccaux

- D'autres accessoires peuvent être employés en photographie dentaire comme les filtres polarisants et fluorescents qui permettent d'apporter des précisions plus poussées sur la colorimétrie des dents à restaurer pour le prothésiste ou encore des diffuseurs pour flash afin d'adoucir leur lumière.

- Formats et sauvegardes (3,35,36)

Les formats de fichiers images les plus utilisés pour la photographie numérique sont les trois suivants : RAW, TIFF et JPEG.

- Le format RAW (« brut » en anglais) permet un enregistrement sans aucune altération des données reçues par le capteur, le plus souvent en 12 bits soit 4096 niveaux de couleur (tons) différents, ce qui permet un rendu maximal des ombres et lumières. Cela le rend assimilable aux anciens négatifs de la technique de photographie argentique. L'extension de ce type de fichiers varie en fonction du fabricant du boîtier numérique (ex : .cr2 chez Canon, .nef chez Nikon, .orf chez Olympus etc.). Il permet donc d'obtenir la meilleure qualité d'image possible à condition de maîtriser les techniques de post-production, notamment à l'aide de logiciels comme Adobe Photoshop®, car il n'est pas exploitable en l'état. Le réglage précis de la balance des blancs, des températures, du contraste et de la saturation est alors possible sans dégradation de la qualité de l'image avant compression et stockage au format JPEG. Toutefois, cela nécessite du temps à y consacrer et ces fichiers sont très volumineux. Ils ne sont donc pas adaptés à un usage quotidien au cabinet mais intéressants pour l'archivage initial.
- Le format TIFF (Tagged Image File Format) est un standard industriel qui prend en compte tous les niveaux de couleur et permet une compression sans perte d'information. Il peut ainsi être lu et utilisé quasiment sur tous les supports mais le volume des fichiers est encore plus volumineux qu'en RAW.
- Le format JPEG (Joint Photographic Expert Group) est universel depuis 1992 et peu volumineux (jusqu'à 10 fois moins qu'un RAW) donc moins lourd à emmagasiner et moins long à éditer et transférer d'un périphérique à l'autre que les précédents. Il est donc excellent pour le stockage des images, hors noir et blanc et ne requière aucune compétence technique particulière pour son emploi. Néanmoins, l'allègement de ce type de fichiers par rapport à ses concurrents ne se fait qu'au prix d'une compression destructive : on perd des détails de l'image d'origine et des artefacts apparaissent dans l'image finale ; cette perte d'information est proportionnelle au taux de compression et empire à chaque modification enregistrée sur l'image. Il reste cependant actuellement le meilleur compromis existant pour la photographie dentaire en termes de qualité d'image et volume de fichiers.

Les sauvegardes seront effectuées dans un premier temps sur carte SD ou micro SD insérée dans le boîtier puis sur un disque dur ou un NAS (Network Attached Storage) au cabinet, le tout protégé au moins par un mot de passe.

- La séquence photographique la plus complète pour un projet esthétique compte les 17 clichés suivants (31), soit cinq de plus que ceux initialement proposés par l'AACD dans les années 1980 :

- Visage de face au repos
- Profil droit au repos
- Exposition des dents au repos (on demande au patient de se lécher les lèvres, déglutir et écarter légèrement les lèvres)
- Grand sourire exagéré (pour déterminer la largeur maximale du sourire)
- Vue frontale du sourire (avec l'objectif perpendiculaire à la ligne incisive maxillaire)
- Vue inclinée vers l'avant (incliner l'objectif pour éviter les reflets du flash sur le bord libre, zone très importante au niveau de la translucidité, de l'opalescence, et également pour la caractérisation des dents)
- Vue $\frac{3}{4}$ latérale droite du sourire
- Vue $\frac{3}{4}$ latérale gauche du sourire
- Vue frontale intrabuccale des dents antérieures serrées, avec écarteurs
- Vue frontale intrabuccale des dents antérieures en désocclusion, avec écarteurs
- Vue $\frac{3}{4}$ latérale droite, dents serrées, avec écarteurs
- Vue $\frac{3}{4}$ latérale gauche, dents serrées, avec écarteurs
- Gros plan de face sur les dents antérieures maxillaires, avec écarteurs et contrasteurs
- Gros plan $\frac{3}{4}$ latéral droit, avec écarteurs et contrasteurs
- Gros plan $\frac{3}{4}$ latéral gauche, avec écarteurs et contrasteurs
- Vue occlusale maxillaire (prise indirecte, reflet dans un miroir intrabuccal)
- Vue occlusale mandibulaire (prise indirecte, reflet dans un miroir intrabuccal).

Toutefois, dans le cadre d'une utilisation régulière de la photographie numérique au cabinet dentaire, on pourra se contenter de seulement cinq prises de vues dans une démarche moins chronophage. Ces dernières sont en effet essentielles et suffisantes pour analyser la plupart des cas de réhabilitations esthétiques en prothèse fixée tout en s'intégrant plus aisément dans le planning du cabinet dentaire (37). Elles sont à réaliser lors du premier ou second rendez-vous pour entamer l'analyse esthétique et permettent chacune de remplir des objectifs précis, détaillés dans le tableau ci-dessous.

	Visage de face avec sourire	Visage de profil droit	Sourire	Sourire de profil droit	Visage de face avec écarteurs labiaux
Cadrage	- de la racine des cheveux à la pointe du menton - sourire naturel - plan de Francfort parallèle à l'horizon pour éviter tout effet de plongée/contre-plongée qui déformerait l'image	- de la racine des cheveux à la pointe du menton - sourire naturel - plan de Francfort parallèle à l'horizon - léger contact dentaire	- d'une commissure labiale à l'autre - idéalement, avoir une hauteur de lèvre semblable entre la supérieure et l'inférieure - sourire naturel - on peut obtenir cette image en	- de la commissure droite à l'amorce de l'arcade controlatérale - sourire naturel	- de la racine des cheveux à la pointe du menton - plan de Francfort parallèle à l'horizon - bouche légèrement fermée sans arriver au contact dento-dentaire

			recadrant la première photographie pour éviter tout décalage à la superposition des deux		
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - définir s'il y a ou non un équilibre entre le regard (non modifiable) et le sourire (modifiable) - vérifier le parallélisme entre les lignes bipupillaire, bicommissurale et le plan esthétique frontal - vérifier la position et la verticalité du plan sagittal médian 	<ul style="list-style-type: none"> - apprécier la hauteur des trois étages du visage - mesurer l'angle nasolabial - contrôler la position et le soutien des lèvres par rapport au plan esthétique de Ricketts 	<ul style="list-style-type: none"> - enregistrer la position de la ligne du sourire - enregistrer la position, la symétrie, convexité et la visibilité du plan esthétique frontal - évaluer la hauteur et la courbure de la lèvre supérieure - évaluer l'épaisseur des lèvres - vérifier la concordance de la ligne interincisive avec le plan sagittal médian - évaluer la symétrie du sourire - évaluer la proportion des incisives centrales, latérales et canines maxillaires par rapport au sourire - évaluer les proportions de ces dents les unes par rapport aux autres 	<ul style="list-style-type: none"> - apprécier le soutien de la lèvre supérieure et la position du bord incisif des incisives centrales par rapport à la lèvre inférieure 	<ul style="list-style-type: none"> - mesurer les dimensions et les proportions des incisives centrales supérieures - contrôler la présence/absence de diastèmes et trous noirs interdentaires - apprécier la couleur et les états de surface dentaires - déterminer la forme des dents en soulignant la présence d'une dent de référence - contrôler toute anomalie de position ou d'orientation dentaire voire l'absence d'une ou plusieurs dents - vérifier l'état de santé gingival et la présence de tissu kératinisé - noter l'alignement, la forme des collets et la présence des papilles interdentaires

1.2.2. Vidéos cliniques

- Intérêts

Une analyse exhaustive de l'esthétique du sourire implique de réussir à capter chez le patient un sourire naturel, sincère, typiquement mis en avant dans les travaux de Duchenne en 1862 et naturellement dénommé par la suite comme « sourire Duchenne ». En effet, ce sourire implique des muscles peauciers, des lèvres, des joues et même du contour inféro-latéral des yeux et ce non seulement dans le plan frontal (redressement vertical des coins de la bouche et des yeux) mais aussi antéro-postérieur. (38) Tout ceci s'effectue selon une cinétique bien particulière qu'un simple cliché photographique ne peut capturer. On note surtout que le sourire Duchenne est généralement plus large que le sourire de convenance ou « sourire social » qu'on peut produire sur commande ; il découvrira ainsi plus de dents et la gencive peut y avoir une place grandement majorée avec le décalage en hauteur de la ligne du sourire (39), ce qui modifie totalement les implications esthétiques du traitement envisagé. La vidéo, par exemple sous forme d'interview/courte conversation où le patient est amené par le praticien à exprimer ses préoccupations et ses attentes vis-à-vis du traitement. En sus, on pourra ainsi extraire des captures d'écran de divers angles de vue du patient, y compris à 45 degrés et de profil, avec une grande amplitude d'expositions dentaires. C'est donc une piste intéressante pour enregistrer une expression plus détendue et reproductible dans la « vraie vie » du patient. (3)

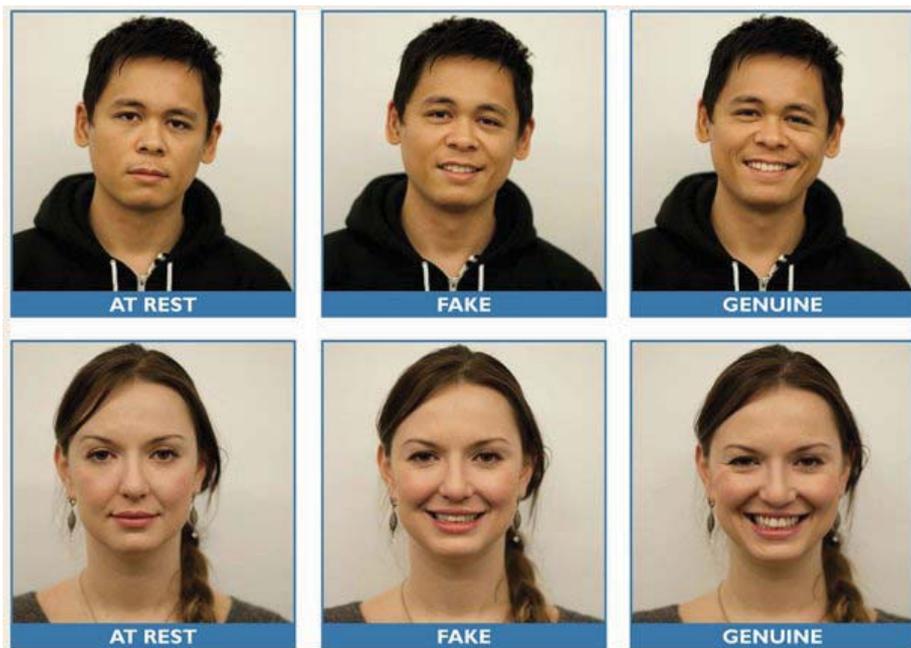


Figure 27 : exemples de visages au repos / sourire social / sourire Duchenne

- Principes et équipements

Pour des vidéos cliniques de bonne qualité et reproductibles, on conseille d'utiliser un appareil photo avec un objectif de 100mm monté sur un trépied à environ 1,50 à 2m du patient qui se trouve lui-même debout ou assis devant un fond uni et neutre (noir, blanc ou gris) avec un fort système d'éclairage continu (par exemple, des lampes halogènes de 200 à 300 watts disposés de chaque côté du sujet selon un angle de 45°). Les réglages optimaux de l'appareil sont les suivants selon Etienne et Anckenmann (3):

- Vitesse 1/50
- ISO entre 800 et 2000 selon l'éclairage
- Ouverture entre f/7,1 et f/11
- Balance des blancs automatique (AWB)
- Mise au point manuelle
- 25 images/minute en mode full HD (1920x1080).

1.3. Projet esthétique et fonctionnel

- Levine développe le concept d'évaluation esthétique et fonctionnelle (= EEF) à travers sept lignes remarquables dans le plan horizontal et réparties selon le schéma suivant :

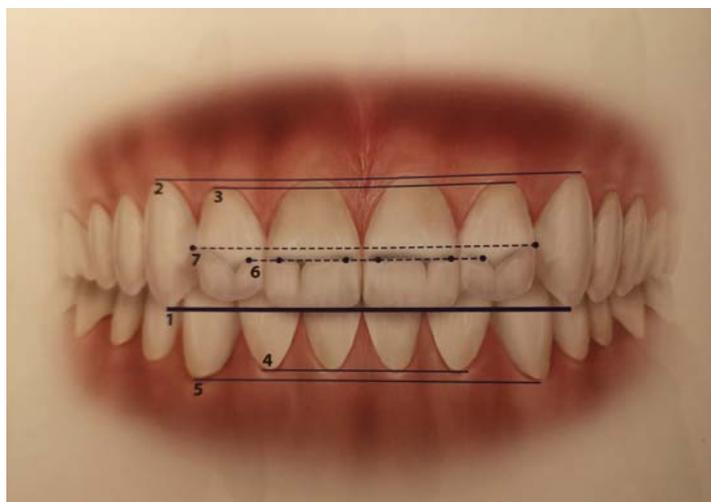


Figure 28 : les 7 lignes d'EEF

On peut mettre en évidence ces sept lignes quand le patient se trouve en occlusion d'intercuspidie maximale (= OIM). Elles servent de guides pour la réalisation de la cire diagnostique ou wax-up que nous aborderons bientôt.

- 1- La première ligne horizontale est celle qui relie les bords libres des incisives centrales maxillaires et porte aussi le nom de ligne d'EEF ; elle est le mieux appréciée lorsque le patient sourit largement et que sa tête est dans une position naturelle. Elle préfigure le plan esthétique quand on la prolonge jusqu'à atteindre les pointes canines.
 - 2- La seconde ligne relie les zéniths des incisives centrales et des canines maxillaires et permet de vérifier l'horizontalité du plan maxillaire.
 - 3- La troisième ligne relie les zéniths gingivaux des incisives latérales maxillaires ; elle est parallèle et coronaire d'environ 2mm à la précédente.
 - 4- La quatrième ligne relie les zéniths gingivaux des quatre incisives mandibulaires pour évaluer leurs éruptions relatives et l'absence de récession.
 - 5- La cinquième ligne fait de même que la précédente mais sur les canines mandibulaires qui forment les angles de l'arcade inférieure ; elle doit se situer 1mm en deçà de la précédente.
 - 6- La sixième ligne passe par les bords libres des quatre incisives mandibulaires ; elle permet de statuer sur la quantité appropriée du recouvrement de l'incisive en fonction de la première ligne.
 - 7- La septième ligne passe par les pointes des canines mandibulaires et doit être parallèle à la précédente tout en la dépassant de 1 à 1,5mm vers le haut ; on constate donc l'augmentation du recouvrement à cet endroit en lien avec la protection canine.
- La phonation sera le second guide du projet de restauration esthétique et fonctionnelle.
 - En effet, le son [s] par exemple est extrêmement informatif sur la bonne position des dents maxillaires et mandibulaires ainsi que la dimension verticale (DV) à adopter. Il faut ainsi porter une grande attention aux mouvements mandibulaires verticaux et horizontaux qu'il peut impliquer avant toute modification des dents

antérieures (40). De plus, les dents maxillaires et mandibulaires ne doivent pas entrer en contact lors de la prononciation de cette lettre, au risque de créer un zézaïement imprononcé ou, à l'inverse, un chuintement en cas d'espace excédentaire avec des dents trop courtes (1). D'autre part, si la lèvre supérieure atteint le bord libre des incisives centrales maxillaires lors de la prononciation de ce phonème, les dents sont trop courtes ; a contrario, si ces bords libres entrent en contact avec la lèvre inférieure à ce moment, elles sont considérées comme trop longues et la restauration devra corriger cela (2).



Figure 29 : prononciation du [s]

- Le son [f] se caractérise par l'affleurement des bords libres des incisives centrales maxillaires avec le bord vermillon de la lèvre inférieure. Il permet de valider le profil incisif mais ne doit pas être prononcé en forçant car cela va causer une sur-contraction des muscles labiaux en autres et fausser l'interprétation de ces rapports entre tissus durs et mous (2).



Figure 30: prononciation du [f]

- Le son [m] doit être prononcé plusieurs fois doucement et, entre deux occurrences, on doit pouvoir observer 1 à 1,5mm de hauteur dentaire. L'espace inter-arcades entre ces prononciations sera normalement de 2 à 4mm (1).



Figure 31 : prononciation du [m]

- Le son [é] permet, comme le son [i], d'obtenir une large exposition dentaire assimilable à un grand sourire. Pour un patient jeune, les dents maxillaires doivent alors occuper 80% de l'espace inter-labial. Pour un sujet âgé, avec la perte de tonicité des tissus mous, elles ne représentent plus que 50% de cette zone (1).



Figure 32 : prononciation du [é]

- Les paramètres de base d'une bonne occlusion doivent être vérifiés avant de passer à la partie pratique du plan de traitement :
 - En premier lieu, il est bon de vérifier l'absence d'anomalie du chemin d'ouverture buccale pour écarter toute latérodéviation/latéroposition voire latérogнатhie tout comme l'absence d'une quelconque dysfonction de l'appareil manducateur (DAM) qu'il faudrait traiter avant le début des restaurations.
 - Ensuite on fait le choix thérapeutique entre l'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) et la position de relation centrée (RC).
 - Selon Orthlieb, « l'OIM est la position mandibulaire en occlusion où le rapport d'engrènement dentaire se caractérise par le plus grand nombre de contacts interarcades, autorisant l'intensité maximale des contractions musculaires. Cette position permet de faciliter la déglutition et d'absorber les contraintes importantes exercées dans les phases de serrement des mâchoires. » (41)



Figure 33 : OIM vue de face

- Selon la définition donnée par le Collège National d'Occlusodontie, « la relation centrée est la situation condylienne de référence la plus haute correspondant à une coaptation bilatérale condylo-disco-temporale, simultanée et transversalement stabilisée, suggérée et obtenue par contrôle non forcé ; elle est réitérative dans un temps donné et pour une posture corporelle donnée et enregistrable à partir d'un mouvement de rotation mandibulaire sans contact dentaire » (42). Elle est donc issue d'une référence condylienne indépendante des dents, et donc de possibles interférences, ce qui permet des variations de la DVO.

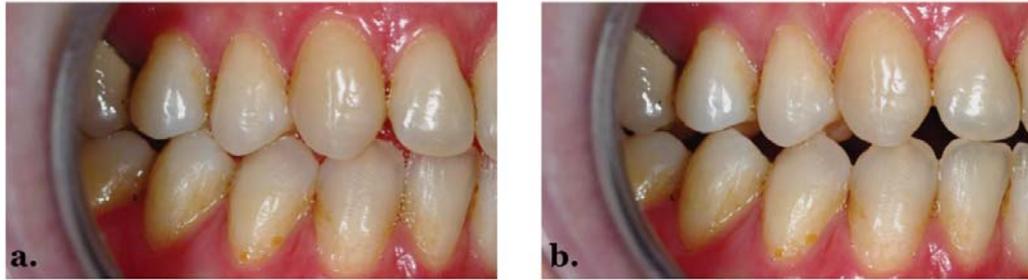


Figure 34 : vue latérale droite des dents d'un patient en OIM (a) puis en RC (b)

- En l'absence de pathologie, pour un petit nombre de restaurations et quand la position d'intercuspidie maximale et la relation centrée sont similaires (décalage <math>< 2\text{mm}</math> dans le plan frontal permis par l'ATM et l'élasticité de son disque), les modèles peuvent être montés en OIM (1,42). En cas de dysharmonie occlusale, les interférences peuvent causer chez le patient des facettes d'usure, une hyper-mobilité mandibulaire, des abfractions voire des douleurs (2). Dans ce cas, le projet prothétique intéressera non seulement les dents antérieures (raison esthétique initiale) mais aussi les secteurs cuspidés pour rétablir une stabilité occlusale correcte (1). On choisira alors la RC pour mettre en œuvre par exemple la technique « three-step » du Dr Francesca Vailati (43–45).
- Enfin, à l'aide de papiers marqueurs colorés 40 μm , on vérifie les **guidages incisif et canin** qui sont prépondérants dans l'harmonie des mouvements mandibulaires et peuvent être touchés par les restaurations esthétiques. En effet, le bord libre et la face palatine des incisives maxillaires, en lien avec la pente condylienne, doivent permettre la désocclusion postérieure en bout à bout incisif et lors des mouvements de propulsion mandibulaire (46), dans le cas contraire l'usure s'aggravera selon un cercle vicieux à la fois en secteur antérieur et postérieur (2). Pour les déplacements latéraux (diductions), on peut observer soit une prise en charge du guidage uniquement par la canine (fonction canine) ou par une association entre canine et dents cuspidées (fonction groupe) (42). On constate que la fonction canine est plus protectrice pour les dents postérieures, les muscles et l'ATM alors que la fonction groupe est plus efficace pour la mastication et plus confortable mais ces deux schémas sont acceptables pour la restauration de la dentition (47). Par ailleurs, on note que les contacts en palatin des incisives maxillaires sont encore plus prononcés lors du mouvement fonctionnel d'incision (intéressant aussi les secteurs postérieurs) que lors d'une propulsion mandibulaire menant au bout à bout incisif (mouvement d'étude réalisé en sens inverse de la dynamique fonctionnelle); les reliefs de cette face sont alors totalement mis en évidence et signent le guidage qu'ils exercent (48). Dans les cas de facettes englobant tout le bord libre, le joint prothétique en céramique doit toujours se situer hors des points de contacts en OIM et jamais à la limite des contacts mis en évidence lors des mouvements d'étude et de fonction précédemment décrits. Sinon, les marges des restaurations en céramique s'useront prématurément et le joint de colle s'altérera d'autant plus vite. Ce joint devra donc se situer à un minimum d'1mm de distance de ces contacts, soit au quart incisif ou au cingulum (24).

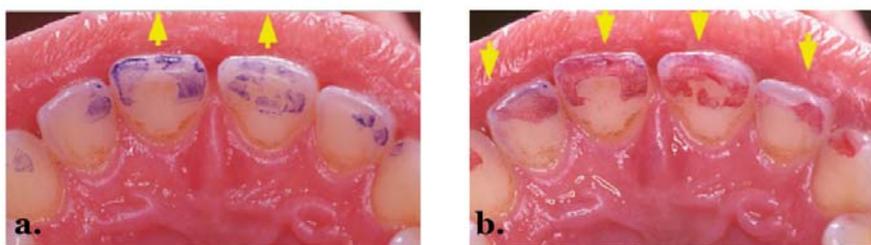


Figure 35 : mise en évidence des contacts suite à une propulsion mandibulaire menant au bout à bout incisif (a) et en incision (b), les flèches jaunes indiquent le sens du déplacement de la mandibule

- Le **surplomb** antérieur qui exprime le « chevauchement » dans le plan sagittal des incisives mandibulaires par leurs antagonistes au maxillaire doit avoir une valeur comprise entre 2 et 4mm (2). S'il est trop faible, les incisives maxillaires font barrière aux mouvements de la mandibule et le risque de fracture des futures restaurations est grandement majoré. A l'opposé, en cas de **surplomb** excessif, le guidage antérieur est insuffisant voire inexistant.
- Le **recouvrement** des incisives mandibulaires par les incisives maxillaires dans le plan frontal renforce le guidage incisif par un effet de pilotage proprioceptif fin et réactif (41). La valeur normale de ce recouvrement est comprise entre 3 et 5mm pour les incisives centrales (2). S'il est supérieur à 40% de la hauteur de l'incisive mandibulaire, on parle de supraclusion et la mandibule se retrouve excessivement limitée dans ses mouvements. Au contraire, en cas d'absence totale de ce recouvrement, on parle d'infraclusion ou de béance et la mandibule risque de nombreuses interférences postérieures lors de ses déplacements car on perd le guidage incisif.

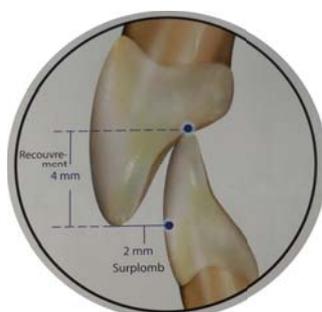


Figure 36 : valeurs normales de **surplomb** et **recouvrement** incisifs

- La **cire diagnostique** ou **wax-up** est réalisée par le prothésiste en fonction des renseignements préalablement obtenus par l'analyse précédemment exposée, en tenant compte des objectifs définis par le praticien tout en correspondant le mieux possible aux désirs du patient. Ce procédé consiste à simuler concrètement le projet prothétique en appliquant de la cire sur les modèles en plâtres issus d'empreintes de la situation initiale de la bouche du patient (46) et montés en articulateur par l'intermédiaire de l'arc facial ou du système Ditramax® qui permet de transmettre précisément au prothésiste les lignes de référence esthétique du patient. Ce dispositif permet au prothésiste de travailler quasiment comme si le patient était présent au laboratoire grâce au report d'une ligne parallèle à la ligne bipupillaire, du plan sagittal médian et du plan de Camper (tragus-aile du nez) sur le modèle maxillaire replacé dans les indentations prises dans un silicone placé sur la fourchette intrabuccale (49). Le plan incisif peut ainsi être reconstruit

parallèlement à la ligne bipupillaire du patient tandis que le milieu incisif maxillaire s'aligne bien sur son plan sagittal médian et le plan d'occlusion est parallèle au plan de Camper.

- RÉGLAGES :
- ✓ Ligne bi-pupillaire ●
 - ✓ Plan sagittal médian ●
 - ✓ Plan de Camper ●

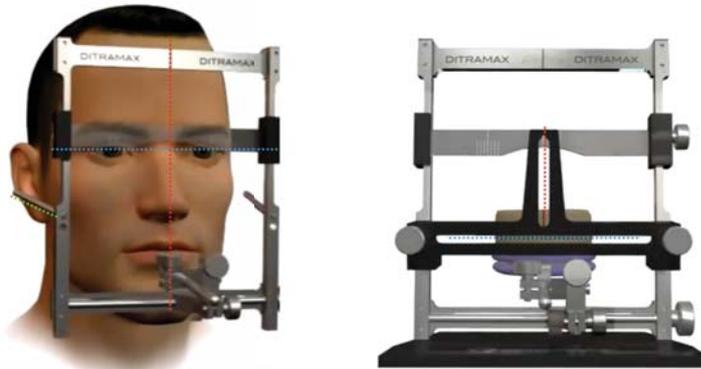


Figure 37 : réglages du Ditramax® et guide de report des lignes de référence sur le modèle en plâtre maxillaire

On sculpte ainsi par ajouts de cire et retrait de plâtre les nouvelles formes et lignes de contours des dents à restaurer, ce qui constitue une vraie maquette tridimensionnelle du projet prothétique (2,46). Cet outil peut donc fournir des informations de diagnostic importantes dans le choix d'une restauration appropriée, notamment avec un montage précis en articulateur qui permet de valider la bonne exécution des mouvements fonctionnels à l'aide de cette maquette.

De surcroît, il peut aider le praticien à déterminer le besoin de recourir à un traitement spécifique comme une chirurgie pré-prothétique, un traitement parodontal, orthodontique ou endodontique. En effet, le wax-up permet d'appréhender la quantité d'espace de restauration disponible (en hauteur, en largeur et en épaisseur) et indiquer si un traitement dans l'arcade et son antagoniste est nécessaire pour obtenir un tel espace (50).

Par ailleurs, de par son aspect matériel, palpable et à l'échelle du patient, le wax-up peut servir d'outil pédagogique. Il est aussi un précieux moyen de faciliter l'acceptation et l'approbation du patient au traitement indiqué puisqu'on peut aisément retoucher les points que lesquels le patient a des réticences esthétiques avant que les restaurations prévues ne soient réalisées.

Finalement, le wax-up peut être utilisé pour créer un guide de préparation des dents par le biais d'une gouttière thermoformée et/ou d'une clé en silicone. Cette méthode permet la préparation des dents selon les contours prescrits par le wax-up et peut éviter leur réduction excessive (46,50).

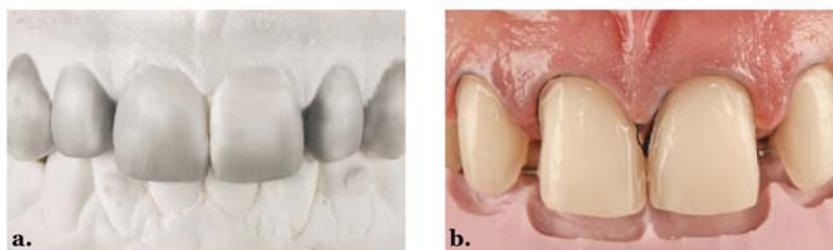


Figure 38 : wax-up (a) et contrôle de la préparation des dents avec la clé qui en découle (b)

- Le mock-up résulte directement du wax-up réalisé par le prothésiste et précédemment validé par le praticien en accord avec son patient (51). Il s'agit de résine autopolymérisable ou dual (chémo- et photo-polymérisable) coulée dans la gouttière thermoformée (ou une clé en silicone évidée sur des cuspidés vestibulaires postérieures pour garantir des points de repère et des encoches en V au niveau des pailles pour permettre à la résine excédentaire de fuser) précédemment obtenue avec le wax-up. Ainsi remplie de résine, celle-ci est placée sur les dents naturelles non altérées et retirée lors de la polymérisation finale. La maquette de résine reste généralement sur les dents car elle est retenue mécaniquement dans les contre-dépouilles (50).

Une évaluation clinique immédiate du projet prothétique est alors possible. C'est un outil extrêmement précieux pour affiner la configuration et le contour souhaités des restaurations prévues (50). Si nécessaire, le mock-up peut être modifié par l'ajout de composite direct (par exemple, en cas de défaut de finition aux collets dus à la rétraction de prise de la résine). On peut même le « maquiller » à l'aide de colorants : bleu pour les bord libres et brun pour les embrasures) (46). Tous ces changements sont transmis au prothésiste à l'aide de photographies et de nouvelles empreintes. Il est possible de réitérer cette méthode jusqu'à l'obtention d'un consensus entre patient et praticien sur son résultat.

Le mock-up doit ensuite rester en bouche au moins deux semaines pour tester l'intégration esthétique, fonctionnelle (phonation, mastication, déglutition...) et biologique des restaurations envisagées avant d'entreprendre tout traitement irréversible. Le patient est alors à même de tester la maquette en situation réelle, dans sa vie de tous les jours et peut avoir le retour de ses proches sur ce projet. Si aucune doléance n'émane du patient à l'issue de ce laps de temps, on peut valider cette maquette en résine (52).

La taille des dents à travers le mock-up permet aussi d'optimiser les préparations afin d'avoir des réductions à minima et d'épargner un maximum d'émail pour un collage plus efficace (52,53). Cette économie tissulaire est permise par la création de stries de pénétration contrôlée de 0,3 à 0,5mm dont la profondeur est marquée directement sur les dents au crayon de bois. On utilise des fraises calibrées pour les réaliser et une fraise cylindrique à bout rond pour égaliser la surface vestibulaire en les réunissant tandis que le bord incisif préfiguré est réduit sur 1,5 à 2mm de haut (2,50,52).



Figure 39 : exemple de préparations pour facettes à travers un mock-up et fraise calibrée pour les rainures à pénétration contrôlée de la face vestibulaire

Finalement, un duplicata du mock-up peut servir de prothèse provisoire entre la taille des dents et la pose des restaurations d'usage qui, elles seront collées. Pour augmenter la rétention de cette prothèse provisoire, on peut mordancer les dents préparées, bien rincer et sécher, puis y ajouter un point d'adhésif (50,52).

- On note qu'il existe une variante à ce schéma « wax-up → mock-up » proposée notamment par le Dr Galip Gürel depuis 2003 et visant une personnalisation encore plus avancée de son futur sourire par le patient (50,54,55). Cette technique rajoute une étape préalable au processus décrit plus haut. Le protocole ainsi modifié se déroule comme suit :

- réalisation d'un **mock-up direct** en composite au fauteuil pour repositionner le bord incisif au moins sur une des incisives centrales maxillaires (1^{ère} communication visuelle et interactive avec le patient) ; on prend alors une empreinte avec ce mock-up en place et on l'envoie au laboratoire de prothèse en plus des empreintes originales des arcades du patient et leurs rapports occlusaux



Figure 40 : mock-up initial en composite sur 11, au repos et au sourire

- **wax-up**, gouttière transparente et clé en silicone faits par le prothésiste en suivant la morphologie validée par le mock-up initial ; celui-ci permet donc de guider le travail au laboratoire et complète très précisément les photos et la check-list esthétique
- les **provisaires APT (Aesthetic Pre-evaluative Temporary)** correspondent au mock-up traditionnel et sont générées selon le principe précédemment exposé grâce à la gouttière transparent thermoformée sur le wax-up ; on décide alors avec le patient quels ajustements apporter au design ainsi préfiguré par exemple en annotant ce mock-up à l'aide de feutres pour définir la forme et les proportions des dents intéressées par le projet esthétique et fonctionnel ; une fois ces provisoires validées, on prépare les dents à travers elles et la clé en silicone sert de repère homothétique.

2) Logiciels de conception assistée par ordinateur (=CAO)

2.1. Définition et historique

En premier lieu qu'est-ce que la CAO ? (56–58)

Selon le Pr Yves Gardan, on peut la définir comme « une technique dans laquelle l'homme et l'ordinateur sont rassemblés pour résoudre des problèmes techniques dans une équipe qui associe étroitement les meilleures qualités de chacun d'eux, de telle sorte que l'équipe travaille mieux que chacun séparément ». La notion de dialogue entre l'humain et la machine est ainsi mise en exergue.

L'un des principes fondamentaux à retenir en CAO est que c'est à la préparation de s'adapter à la CAO et non pas l'inverse. En effet, si la préparation est « l'acte aboutissant à une réduction de l'organe dentaire par soustraction, ménageant la place aux matériaux de reconstruction et de fixation », elle doit être en adéquation avec les paramètres esthétiques et fonctionnels décrits plus haut ainsi que les propriétés physiques des matériaux utilisés pour la restauration choisie. Dans le cas d'une chaîne complète de CFAO (conception et fabrication assistée par ordinateur), elle doit même répondre aux impératifs géométriques liés aux formes, aux dimensions et aux trajets des outils d'usinage. Il faut toutefois bien garder à l'esprit que la CAO est une proposition que le logiciel fait en fonction des paramètres qui lui sont entrés et que le sens clinique du praticien doit toujours primer et modérer ces résultats, que ce soit en termes esthétiques ou fonctionnels.

Depuis quelques années, la CAO dépasse la seule fonction de reconstruction « basique » d'une anatomie dentaire en l'intégrant dans une situation plus globale qui tient aussi compte de l'esthétique et la planification de plan de traitement. Les données écrites et orales, radiographiques, photographiques et même vidéographiques peuvent y prendre place et signent d'ailleurs la réelle transition dans l'ère du « digital workflow » au cabinet dentaire.

Comment la dentisterie a-t-elle intégré l'esthétique dans son évolution et quand la CAO est-elle apparue ?

Au XVIII^e siècle, stimulée par le travail de pionnier de Pierre Fauchard, la dentisterie s'est développée en tant que discipline distincte de la médecine générale, facilitant le traitement spécialisé des déficiences dentaires fonctionnelles et esthétiques. Des mesures préventives, des matériaux de remplacement des dents et des prothèses partielles ainsi que des techniques complètes de fabrication de prothèses dentaires apparaissent alors. (59) C'est néanmoins au XX^e siècle que l'esthétique a réellement effectué une percée significative dans l'univers dentaire. Elle est maintenant indissociable des impératifs biologiques et fonctionnels dans l'élaboration de tout traitement dentaire. Cela se répercute sur toutes les disciplines plus ou moins spécialisées de l'art dentaire, de la restauration aux phases prothétiques, en passant par l'orthodontie, la parodontologie et même la chirurgie maxillo-faciale.

La CFAO a fait son entrée dans l'univers odontologique en 1973 avec la thèse du Dr François Duret. Il fut ainsi le pionnier dans l'extrapolation de ce concept, majoritairement employé dans l'industrie, à l'art dentaire afin d'élaborer des éléments prothétiques. Sa première démonstration publique a eu lieu lors du congrès de l'ADF de 1985 où il réalisa en seulement une heure une couronne unitaire pour son épouse (56).

La figure suivante, extraite et traduite de l'article « Evolution of Aesthetic Dentistry » de Blatz et al. (60), propose une frise chronologique des avancées-clés dans ce domaine depuis 1919.

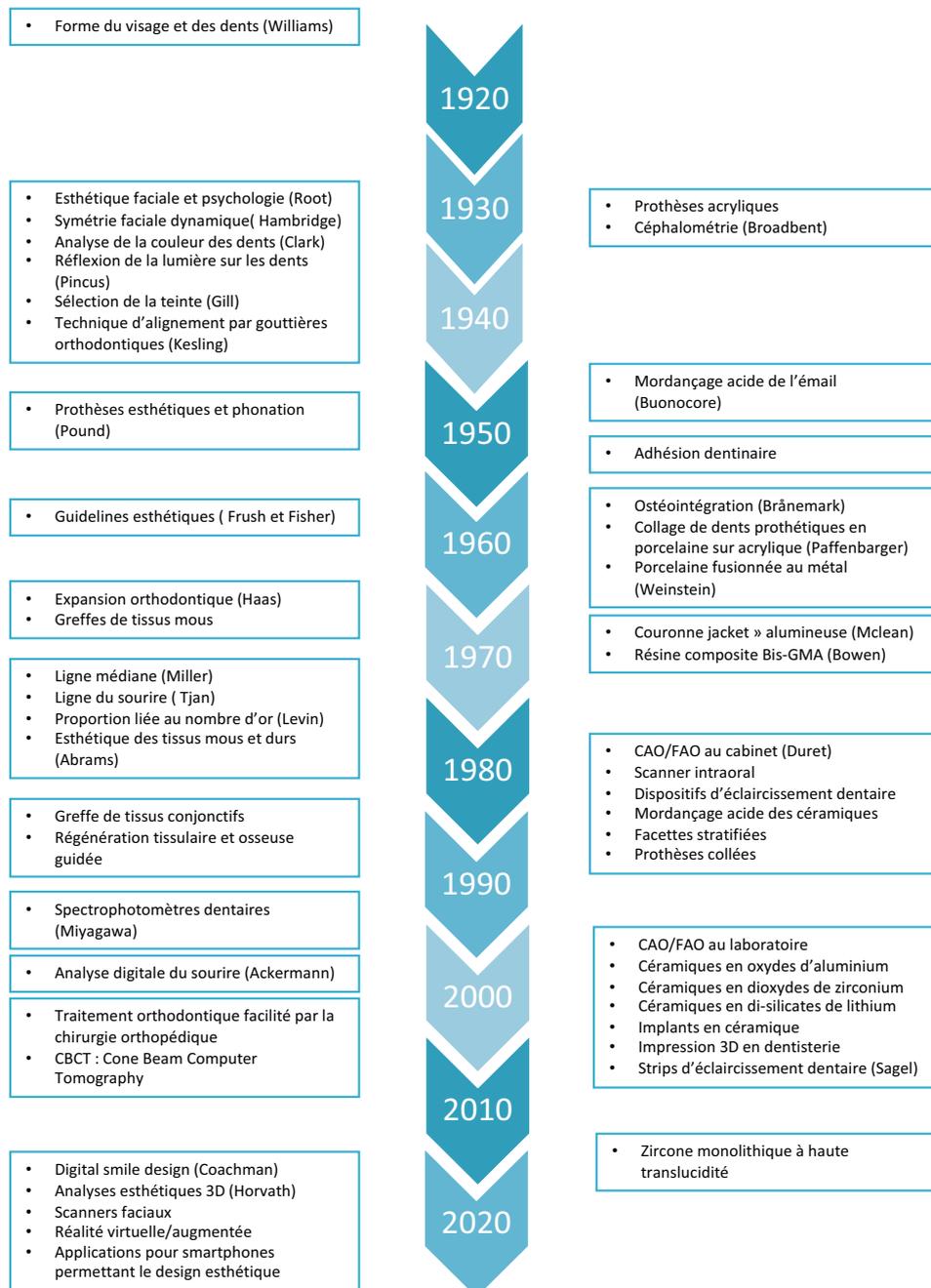


Figure 41 : Chronologie des jalons en dentisterie esthétique (1919-2019). Les entrées présentent, par ordre chronologique, une sélection des développements et découvertes significatifs survenus chaque décennie.

Comment définir les logiciels de conception du sourire assistée par ordinateur et leurs buts ?

Prenons l'exemple de leur chef de file, le Digital Smile Design : selon Cervino et al. (61), il s'agit d'une **méthode qui nous permet de concevoir numériquement le sourire de nos patients, en obtenant une simulation et une prévisualisation du résultat thérapeutique.**

Or, il est malheureusement fréquent de voir des patients immédiatement soumis à moultypes thérapies dentaires, sans que le dentiste lui-même ait planifié ou partagé avec eux le projet thérapeutique d'un sourire sur mesure. En effet, cette problématique est à la base de nombreux risques d'échecs dans la relation de soins.

D'une part, ce type de logiciel permet au patient d'être sensibilisé dès le début du plan de traitement et d'être le premier interprète dans la réhabilitation esthétique et fonctionnelle de sa bouche. D'autre part, il permet au spécialiste de mieux s'accorder aux attentes et aux besoins du patient, afin de poursuivre leurs objectifs communs.

Ces protocoles permettent donc une prévisualisation du cas clinique et du résultat thérapeutique, et de présenter clairement au patient l'utilité des réhabilitations envisagées. Ils se veulent aussi facilitateurs et accélérateurs de la communication avec les autres figures professionnelles pouvant intervenir sur le cas. En d'autres termes, ils rendent le praticien capable de fournir toutes les données au prothésiste dentaire, ou même de communiquer des informations sur le cas de manière simple et numérique à ses collègues.

2.2.Principes généraux du fonctionnement des logiciels de CAO du sourire appliqués à des cas de prothèse fixée

Le schéma global de leur protocole commun est résumable selon les étapes suivantes (58,62,63):

- 1) Anamnèse et entretien avec le patient pour bien cerner les enjeux du traitement
- 2) Prise de photographies numériques superposables +/- vidéos du patient
- 3) Orientation des photographies et placement des lignes de références verticales et horizontales
- 4) Calibration et étalonnage des photographies numériques par report de mesures réelles dans le logiciel utilisé (principe de la règle numérique : c'est une image d'une règle (fichier JPEG) qui est glissée sur le dessus de la diapositive et peut être positionnée selon les besoins ; elle est calibrée sur la photographie du patient en la rétrécissant/étirant jusqu'à ce que ses graduations correspondent à la mesure effectuée avec un pied à coulisse sur le modèle)
- 5) Tracé des lignes labiales supérieure et inférieure pour évaluer la visibilité des dents antérieures au sourire
- 6) Tracé des guides esthétiques : cadres respectant les proportions dentaires idéales, ligne des collets, grand axe des dents, position des sommets incisifs, etc.
- 7) Adaptation des contours des formes dentaires selon les guides précédents
- 8) Choix des caractéristiques visuelles des réhabilitations envisagées (teinte, état de surface des dents) et réalisation du mock-up virtuel
- 9) Discussion et **validation de la simulation esthétique (= mock-up virtuel)** avec le patient
- 10) Wax-up traditionnel en cire réalisé par le prothésiste par report des mesures du mock-up virtuel sur le plâtre OU impression 3D si compatibilité avec une chaîne de CFAO
- 11) Clé de transfert en silicone réalisée à partir du wax-up ou du modèle 3D imprimé
- 12) Mock-up en résine bis-acrylique (possibles modifications à ce stade en accord avec le patient)
- 13) **Validation esthétique et fonctionnelle du projet** (consensus praticien-patient)
+/- étape d'aménagement parodontal guidée par le mock-up validé voire ODF ou implantologie guidées par des gouttières réalisées selon le même principe
- 14) Préparation contrôlée à travers le mock-up (principalement pour les cas de facettes)
- 15) Empreinte conventionnelle avec matériau à base de silicone ou polyéthers et fabrication des céramiques par le prothésiste selon le projet validé OU empreinte optique sur laquelle on superpose le mock-up virtuel en format .STL et usinage par CFAO ou envoi du fichier au prothésiste
- 16) Provisoires issues de la clé de transfert (ou d'un duplicata de celle-ci) ayant permis la réalisation du mock-up
- 17) Pose (collage ou scellement) des restaurations dentaires conformes au projet esthétique précédemment validé.

2.3. Différents logiciels actuellement utilisables

Depuis la présentation en 2012 du principe de Digital Smile Design par le Dr Christian Coachman (à la fois dentiste et prothésiste au Brésil) (64), la dentisterie esthétique connaît un véritable raz-de-marée en termes de logiciels et suites numériques. On note d'ailleurs qu'une recherche internet utilisant Google pour les mots-clés « digital smile design » donne environ 2 700 000 000 résultats.

Les deux tableaux suivants tentent d'offrir une vue synthétique de cette offre. Ils répertorient ainsi les 18 logiciels de ce type les mieux documentés dans la littérature et sur internet en général, que ce soit *via* les informations fournies sur leurs propres sites ou *via* des vidéos de démonstrations disponibles en accès libre sur les plateformes Youtube, Vimeo et Dailymotion.

Ces tableaux n'incluent pas le logiciel Getursmile sorti en 2015 car il n'y a actuellement pas suffisamment d'informations accessibles à son sujet pour remplir tous les critères choisis.

	Aesthetic Digital Smile Design	Cerec Smile Design	Digital Smile Design avec Powerpoint ou Keynote	Digital Smile System	DSD App	DSD Connect	EASY App	G Design	GPS 3D Smile Design
Marque +/- créateur	ADSD, V. Bini	Dentsply Sirona	Microsoft ou Apple, idée de C. Coachman	DSS	DSD App LLC, C. Coachman	DSD Technology	Smile Academy	Hack Dental	Dental GPS, A. Méthot
Année de sortie	2014	2013	2012	2013	2017	2013	2017	2015	2006
Origine	Italie	Allemagne	USA	Italie	USA	Roumanie	France	Roumanie	Canada
Support	PC ou Mac	Cerec chairside	PC ou Mac	PC, Mac ou iPad	iPhone ou iPad	PC	iPad uniquement	PC	PC
Photos numériques	Oui x4 ou 5 : de face en souriant + de face avec écarteurs + 45° de chaque côté avec écarteurs +/- de face au repos	Oui x1 : superposition d'une photo de face du patient souriant sur un avatar 3D du patient	Oui x6 : de face en souriant + de face avec écarteurs + de face au repos + photo du sourire à 12h + photo occlusale	Oui, x2 ou 3 : de face en souriant + intrabuccale de face avec écarteurs +/- de face au repos	Oui, x3 : de face en souriant + photo du sourire à 12h + de profil en souriant	Oui, x4 ou 5 : de profil en souriant, à 12h, intrabuccale de face avec écarteurs et vue occlusale +/- de face en souriant	Oui x5 : visage souriant de face + visage au repos de profil + gros plan sur le sourire + gros plan sourire de 3/4 + intrabuccale avec écarteurs	Oui x1 : de face avec écarteurs	Oui x1 : de face en souriant
Vidéos	Oui, pour analyser la dynamique du sourire (mimiques, composante phonétique, relation dento-labiale)	Oui, possible	Oui x4 : court entretien de face + gros plan au sourire et en comptant (phonation) + mouvements de protrusion et diduction + balayage en vue occlusale	Oui, possible	Oui, possible	Oui, possible	Non	Oui, possible	Non
Empreinte optique	Non (simple possibilité d'exporter dans Photoshop des images .jpg ou .pdf issues de fichiers 3D)	Oui, permet de générer, entre autres, des fichiers STL pour réaliser l'avatar 3D du patient	Possibilité d'utiliser une caméra optique pour la vue occlusale	Non	Oui, possibilité d'intégrer une empreinte optique du maxillaire avec iTero scan et un scan facial 3D si utilisé sur iPhone ou un CBCT	Oui, via le logiciel de CFAO auquel on le connecte	Non	Oui avec la version premium	Non
Analyse esthétique	Oui, analyse poussée en « zoom » de la globalité du visage aux plus petits détails du sourire et des dents	Non, pas de réel outil diagnostique	Oui, analyse précise avec lignes de références verticales et horizontales, ligne du sourire, courbe gingivale, courbe des papilles, courbe du vermillon et courbe de l'arcade en	Oui, analyse avec grille d'alignement, lignes de référence verticales et horizontales, ligne du sourire	Oui, suivant les mêmes critères que le Digital Smile Design	Oui, suivant les mêmes critères que le Digital Smile Design, l'accent est mis sur l'importance des lignes de référence verticale et horizontale ainsi que le tracé de la	Oui, à travers 29 écrans balayant des critères esthétiques répartis en 4 catégories : visage, sourire, composition dentaire et composition gingivale	Oui, analyse avec lignes de références verticales et horizontales, tracé de la courbe incisive et de la ligne des collets sur la photographie de face avec écarteurs	Utilisation d'un arc facial virtuel pour placer les lignes de références verticale et horizontale

			vue occlusale			courbe incisive			
Planification esthétique virtuelle	Oui, en 2D, après calibrage des photographies numériques par un instrument de mesure dédié : FATS (Face Analogic Transfer Support)	Oui, en 3D guidée par les outils du logiciel	Oui, en 2D, guidée par des cadres de proportions dentaires idéales et règle numérique calibrée par rapport aux dimensions réelles d'une incisive centrale du patient (possible 3D avec DSD Connect)	Oui, en 2D après calibrage des photographies numériques à l'aide d'une paire de lunettes dédiée, cadres proportionnels, contours précis des dents et leurs dimensions	Oui, en 2D avec calibrage des photographies et export 3D en option	Oui, en 2D puis 3D suite à un calibrage précis des contours dentaires sur les différentes prises de vues et le logiciel de CFAO auquel on le connecte	Oui, en 2D	Oui avec la version premium, en 3D via un logiciel de CFAO par superposition transparente de l'empreinte optique sur la photographie de face avec écarteurs précédemment analysée avec les lignes de références	Détourage des dents et gencives, calibrage des mesures numéri- ques par report de la largeur des deux incisives centrales maxil- laires et outil « règle M » proposant des proportions opti- misées des dents à restaurer
Préformes	Oui, via la base de données de photos dentaires numériques regroupant cinq formes anatomiques : triangulaires, ovales, rectangulaires, carrées et trapézoïdales ; compatible avec les sourires préformés du site digident.com	Oui, base de données Cerec	Oui, 4 calques maxillaires et 1 calque occlusal	Oui, 9 préformes incluses au logiciel et possibilité d'en rajouter	Oui, via la base de données incluse avec l'application et personnalisation précise avec les outils de retouche inclus	Oui, 3 calques maxillaires et 1 calque occlusal	Non	Oui, fonction du logiciel de CFAO avec lequel on l'utilise (Cerec ou InLab software)	Oui, via des banques d'images de sourires ajointes au logiciel
Teintes	Base de données avec plusieurs teintes, modifiables avec Photoshop	La restauration est colorée en blanc ou en jaune à l'écran mais le logiciel inclus un outil de détection de la teinte des dents scannées dès la caméra optique Cerec Omicam couplé aux teintiers des blocs d'usinage utilisés (ivoclar vivadent ou VITA)	Modifiable en utilisant un logiciel de retouche photo en plus	Modifiable en utilisant les outils de variation de luminance et saturation	Modifiable en utilisant les 7 outils graduels proposés : brillance, flou, saturation, chaleur, vibrance, teinte et opacité	Fonction du logiciel de CFAO auquel on le connecte	Non	Fonction du logiciel de CFAO avec lequel on l'utilise	Modifiable avec les outils « couleur », « luminance » et « contraste »
Compatibilité CFAO	Non	Oui, chaîne de CFAO complète dans la même marque	Oui avec DSD Connect	Oui, transfert du plan frontal de la planification esthétique virtuelle	Oui, compatible avec les systèmes ExoCad, InLab et Nemotec	Oui, transfert complet de la planification esthétique virtuelle sous forme	Non	Oui en version premium	Oui, export d'un calque 2D du plan frontal de la planification esthétique virtuelle

						de calque dans le logiciel de CFAO auquel il est connecté			
Système ouvert ou fermé ?	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert
Période d'essai	Non	Non	Non	15 jours	Version d'essai limitée à 4 cas de simulations de sourires en 2D, 3 cas de projets esthétiques virtuels en 3D avec fonctionnalités bridées et 1 seul utilisateur	Non	21 jours	Non	10 jours
Prix	La méthode en elle-même est gratuite, des formations existent, elle requière cependant le logiciel Photoshop de chez Adobe (abonnement à partir de 11,90€/mois)	Intégré au logiciel Cerec Chairside ou InLab Software depuis la version 4.2	La méthode en elle-même est gratuite mais nécessite Powerpoint de chez Microsoft (achat unique 135€ ou abonnement dès 69,00/an avec la suite Office 365) ou Keynote de chez Apple (inclus sur Mac et iPad)	949,00€ en version premium illimitée (achat unique) ou abonnement à 99€/mois	799\$/an ou 83\$/mois en version gold : nombre de cas 2D illimité, stockage illimité sur le cloud pour les cas en cours et terminés, accès à toutes les fonctionnalités, support et entraînement en ligne personnalisé, 1 utilisateur (+ tarification au nombre de cas 3D et version multiusagers pour le travail d'équipe avec solutions sur-mesures avec tarification en fonction des options)	989€ /an	899, 99€ en version premium illimitée (achat unique)	250€ pour la version lite ou 500€ pour la version premium (achat unique)	1990\$ +35\$/dent si commande de wax-up
Références	(62,65–68)	(62,68–70)	(62,64,68)	(62,71,72)	(68,73)	(62,74,75)	(76,77)	(62,75)	(62,78,79)

Tableau 1 : synthèse des caractéristiques des principaux logiciels actuels pour la CAO du sourire (partie 1)

	Nemo Smile Design 2D	Nemo Smile Design 3D	Photoshop Smile Design	Rebel App	Romexis Smile Design	3Shape Smile Design	Smilecloud	Smile Designer Pro	Visagismile
Marque+ /- créateur	NemoTec	NemoTec	Adobe, idée de E. McLaren	Rebel Dental, G. Gürel	Planmeca	3Shape	ADN 3D Biotech SRL	Tasty Tech	Visagismile Inc, G. Gürel
Année de sortie	2016	2016	2013	2018	2015	2012	2019	2013	2015
Origine	Espagne	Espagne	USA	Bulgarie	Finlande	Danemark	Roumanie	Canada	Bulgarie
Support	PC	PC	PC et Mac	PC, Mac, tablettes et smartphones	PC et Mac	PC, Mac, tablettes et smartphones	PC, Mac, tablettes et smartphones	PC, Mac, tablettes	PC et Mac
Photos numériques	Oui, x2 : de face en souriant et de face avec écarteurs	Oui, x2 : de face en souriant et de face avec écarteurs	Oui x2 : de face en souriant et de face avec écarteurs	Oui x 5 : de face en souriant, de face au repos, de face avec écarteurs dents serrées puis bouche ouverte et à 12h	Oui x1 : de face en souriant	Oui x1 : de face en souriant	Oui x2 au minimum : de face en souriant et intrabuccale avec écarteurs	Oui x3 : de face en souriant, de face avec écarteurs (les deux doivent être prises avec la bouche entrouverte et superposables), à 12h	Oui x1 : de face en souriant
Vidéos	Non	Non	Non	Non	Possible	Possible	Possible	Possible	Possible
Empreinte optique	Non	Oui, compatible avec toute caméra produisant des empreintes au format STL	Non	Oui, compatible avec toute caméra produisant des empreintes du maxillaire au format STL	Oui, compatible avec les caméras Planmeca	Oui, compatible avec les caméras TRIOS de 3Shape	Oui, compatible avec toute caméra produisant des empreintes au format STL	Oui, compatible avec toute caméra produisant des empreintes au format STL	Non
Analyse esthétique	Analyse esthétique poussée avec outils de rotation des photos, lignes de références verticales et horizontales, évaluation de la santé gingivale et des niveaux gingivaux, axes des couronnes, zénith du contour gingival, niveaux des contacts et des espaces interdentaires, proportions et dimensions relatives des dents antérieures	Analyse esthétique poussée avec outils de mise à l'échelle et rotation des photos, lignes de références verticales et horizontales, évaluation de la santé gingivale et des niveaux gingivaux, axes des couronnes, zénith du contour gingival, niveaux des contacts et des espaces interdentaires, proportions et dimensions relatives des dents antérieures + calibrage des dents par report de mesures réelles en bouche et sur les modèles STL orientés par tracé du plan occlusal et de la courbe d'arcade	Possible mais non décrite dans cette méthode	Un questionnaire composé de 4 QCM permet de cerner les traits de personnalité dominants et les formes préférées du patient ; le logiciel analyse seul les caractéristiques esthétiques initiales du sourire (inclinaison des axes dentaires, symétrie, zéniths, embrasures, plan incisif, dents dominantes, forme géométrique prédominante)	Analyse esthétique poussée avec outils de rotation et calibrage de photo, lignes de références verticales et horizontales, délimitation des contours du sourire, axes des couronnes, zéniths gingivaux, niveaux des contacts et des espaces interdentaires, proportions et dimensions relatives des dents antérieures	Analyse esthétique poussée avec outils de rotation et calibrage de photo, lignes de références verticales et horizontales, délimitation des contours du sourire, axes des couronnes, zéniths gingivaux, niveaux des contacts et des espaces interdentaires, proportions et dimensions relatives des dents antérieures ; possibilité de « switcher » régulièrement avec le modèle 3D obtenu par empreinte optique	Analyse esthétique poussée avec outils de rotation et calibrage de photo, lignes de références verticales et horizontales, délimitation des contours du sourire, axes des couronnes, zéniths gingivaux, niveaux des contacts et des espaces interdentaires, proportions et dimensions relatives des dents antérieures	Analyse esthétique poussée avec calibrage des photos + outils de rotation des photos, lignes de références verticales et horizontales, évaluation de la santé gingivale et des niveaux gingivaux, axes des couronnes, zénith du contour gingival, niveaux des contacts et des espaces interdentaires, proportions et dimensions relatives des dents antérieures	Analyse esthétique entièrement basée sur la théorie du visagisme qui a pour but de produire un sourire reflétant la personnalité du patient qui est cernée à l'aide d'un QCM

Planification esthétique virtuelle	Elaboration d'un mock-up virtuel en 2D allant de canine à canine et pouvant s'étendre aux premières prémolaires avec des guides proportionnels basés sur le nombre d'or et outil de « clonage symétrique »	Elaboration d'un mock-up virtuel en 3D allant de canine à canine et pouvant s'étendre aux premières prémolaires avec des guides proportionnels basés sur le nombre d'or et outil de « clonage symétrique », référentiel facial et labial inclus	Etalonnage du logiciel par report de mesures réelles d'une incisive centrale ; utilisation d'un modèle de sourire type comme gabarit dentaire ensuite adapté aux dents du patient sur la photo de face avec écarteurs et vérification par superposition avec la photo de face en souriant par un jeu de transparence des calques du logiciel	Elaboration d'un mock-up virtuel en 3D selon les dents sélectionnées sur le schéma initial (maximum 17 à 27) avec possibilité de jouer sur certains détails : forme du contour des angles incisifs, forme des embrasures, texture de surface dentaire	Elaboration d'un mock-up virtuel en 2D selon les dents sélectionnées sur le sourire initial (maximum 17 à 27) avec des guides proportionnels basés sur le nombre d'or et nombreux outils de déformation, symétrie et transparence	Elaboration d'un mock-up virtuel en 2D selon les dents sélectionnées sur le sourire initial (maximum 16 à 26) avec des guides proportionnels basés sur le nombre d'or et nombreux outils de déformation, symétrie et transparence ; compatibilité 3D en utilisant le module Real View de la suite logicielle 3Shape Dental System avec report de points de repères sur le modèle virtuel issu de l'empreinte numérique	Elaboration d'un mock-up virtuel en 2D selon les dents sélectionnées sur le sourire initial (maximum 17 à 27) commençant par une proposition automatique basée sur les calculs d'algorithmes propres à ce logiciel totalement modifiables par le praticien avec des guides proportionnels basés sur le nombre d'or, un système de réglettes numériques et de nombreux outils de déformation, conversion en 3D et export STL en option	Elaboration d'un mock-up virtuel en 2D selon les dents sélectionnées sur le sourire initial (maximum 15 à 25) avec des guides proportionnels + outils de déformation et duplication par effet miroir	Elaboration d'un mock-up virtuel en 2D allant de canine à canine guidé par des cadres morphologiques correspondants aux émotions et traits de personnalité prépondérants chez le patient (ex : dynamique = triangulaire), calibrage uniquement possible à l'aide d'une règle numérique dans la version premium
Préformes	Oui, des modèles de typologies de sourires sont utilisables dans ce logiciel	Oui, des modèles de typologies de sourires sont utilisables dans ce logiciel	Oui, constitution par le praticien d'une bibliothèque de modèles de sourires esthétiques (issus de précédents plans de traitement ou d'internet) servant de gabarit dentaire	Oui, sélectionnées automatiquement par le logiciel en fonction des caractéristiques initiales du sourire et des réponses au questionnaire préparatoire	Oui, nombreuses préformes proposées par le logiciel (pré-incluses : pas besoin de constituer sa propre bibliothèque de sourires pour avoir des modèles)	Oui, catalogue de préformes inclus au logiciel	Oui, bibliothèque de préformes incluse avec suggestions automatiques proposées par des algorithmes que le praticien peut adapter au cas avec les outils de déformations	Oui, proposition de préformes ovales, triangulaires, rectangulaires, carrées ou rondes que le praticien peut modifier à volonté avec les outils de déformations	Oui, sélectionnées automatiquement par le logiciel en fonction des caractéristiques initiales du sourire et des réponses au questionnaire préparatoire
Teintes	Fonction des modèles types de sourires choisis, outil de variation « opacité »	Fonction des modèles types de sourires choisis, outils de « couleur », « texture » et « opacité »	Modifiable avec les outils de retouche d'image du logiciel, notamment « luminosité » et « exposition »	Non précisé	Oui, sélection de la teinte possible directement sur l'image ou choix du praticien dans une réplique virtuelle du teintier VITA 3D Master	Oui, sélection de la teinte possible directement sur l'image ou choix du praticien dans une réplique virtuelle de teintier du commerce	Modifiable avec les outils de luminosité, contraste et saturation	Teinte standardisée par le logiciel ou capturée à partir des dents sur la photographie et outil de « blanchiment »	Codification des teintes en cervical, milieu et au bord libre avec les teintiers VITA Classical et 3D Master ou autre (à préciser par le praticien)
Compatibilité CFAO	Non	Oui car utilisation du format STL	Non	Oui par export au format STL du mock-up virtuel en 3D	Oui, s'intègre dans la chaîne de CFAO complète de Planmeca par transfert du plan frontal du mock-up virtuel	Oui, le module 3Shape Smile Design est inclus dans la solution de CFAO 3Shape Dental System en version premium	Oui, par export au format STL du mock-up virtuel en 3D	Oui, export d'un calque 2D du plan frontal de la planification esthétique virtuelle	Non

Système ouvert ou fermé ?	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Fermé
Période d'essai	Non	Non	Non	Non	30 jours	Non	30 jours	Version d'essai gratuite sur des exemples	Version d'essai gratuite aussi longtemps que désiré mais ne donnant pas accès à tous les outils du logiciel
Prix	1500€ (achat unique)	3750€ (achat unique)	La méthode en elle-même est gratuite mais elle nécessite le logiciel Photoshop de chez Adobe (abonnement à partir de 11,90€/mois)	Tarification à chaque cas clinique complété (99€/cas et tarif dégressif dès 10 cas)	29,00€/mois (abonnement comprenant une utilisation illimitée du logiciel avec toutes les mises à jour)	Inclus à la solution de CFAO 3Shape Dental System en version premium (tarif non communiqué au public, nécessité de contacter un revendeur selon le pays d'exercice)	Abonnement à partir de 20€/mois (incluant 20 cas/mois) + 139€/cas exporté en STL	Abonnement à 999\$/an pour une utilisation illimitée du logiciel en version premium	Abonnement à 199€/an pour la version premium illimitée
Références	(62,80,81)	(62,80,82)	(68,83)	(54,84,85)	(62,68,86)	(62,87,88)	(89,90)	(62,68,91)	(68,92,93)

Tableau 2 : synthèse des caractéristiques des principaux logiciels actuels pour la CAO du sourire (partie 2)

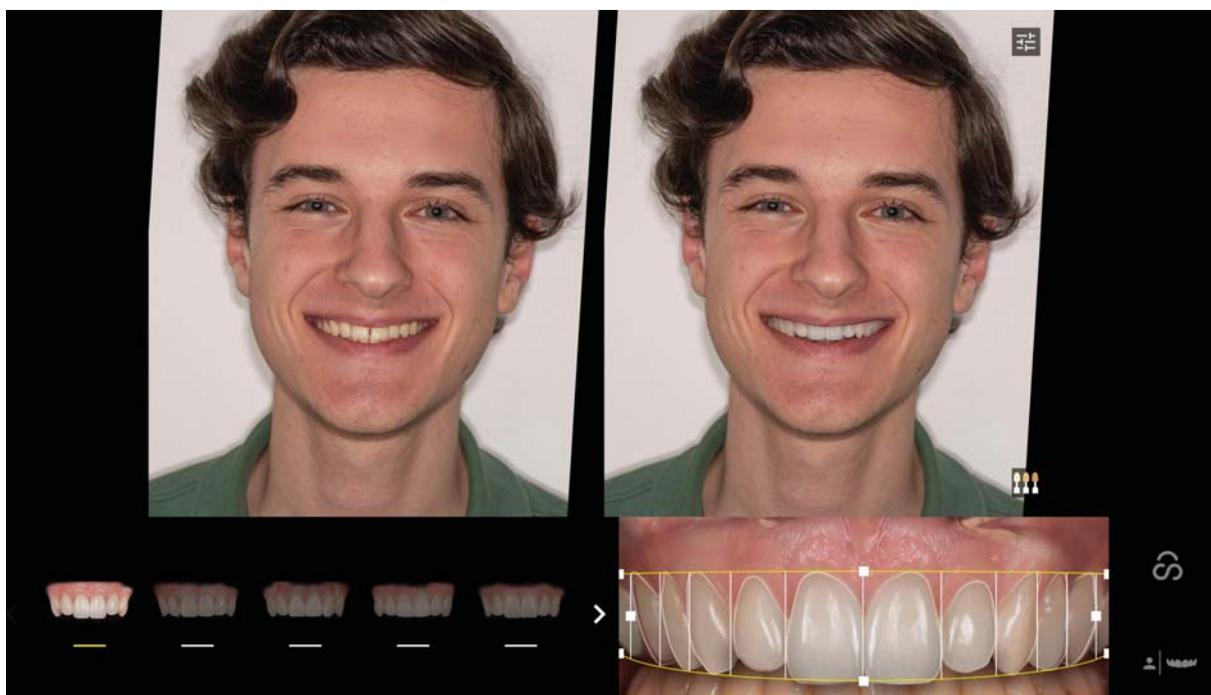


Figure 42 : exemple de projet esthétique virtuel réalisé avec le logiciel Smilecloud

2.4. Avantages et limites des logiciels de CAO

2.4.1. Avantages

- En premier lieu, ce type de logiciel vise l'optimisation de la communication avec le patient et le prothésiste. Selon Coachman, le Digital Smile Design est « un outil multifonctions qui peut assister l'équipe de restauration dentaire tout au long du traitement, en améliorant sa compréhension des enjeux esthétiques et augmentant l'adhésion du patient au résultat final. Le placement des lignes de référence et autres formes sur les photographies digitales extra- et intra-orales élargit la vision de l'équipe dentaire [praticien et prothésiste] et aide à évaluer les limitations, les facteurs de risques et principes esthétiques généraux du cas en question. Ces données stratégiques mènent à de meilleurs résultats à tous les stades du traitement. » (64)

Effectivement, si l'on suit le schéma ordinaire de prise en charge, le prothésiste ne voit pas le patient et cela bride ses capacités à produire LA restauration adéquate pour ce cas précis. Le logiciel incarne donc une interface claire, nette et objective entre le projet défini par le praticien en tenant compte des caractéristiques propres à son patient et le travail du prothésiste. La conception du sourire ne cède plus alors guère de place à l'improvisation.

- Comme évoqué plus tôt, cet outil visuel nourrit la motivation du patient, ce qui renforce par effet de ricochet son acceptation et sa coopération active au traitement. Cela s'explique tout d'abord par la prise de photographies voire de vidéos du patient par le praticien qui instaure immédiatement une personnalisation de sa réhabilitation. La possibilité de réaliser l'analyse du sourire en présence du patient, photos à l'appui, permet un dialogue constructif avec le praticien en diminuant la barrière du jargon professionnel.

Le même phénomène se retrouve à la présentation du projet esthétique virtuel, surtout si l'on affiche côte à côte les clichés « avant » / « après ». Le patient peut ainsi voir et comprendre les changements proposés avant même la première prise d'empreinte, qu'elle soit physique ou numérique. Or, on rappelle que selon l'article L 1111-4 du Code de la Santé Publique « aucun acte médical ni aucun traitement ne peut être pratiqué sans le consentement libre et éclairé de la personne et ce consentement peut être retiré à tout moment » (94). L'emploi d'un logiciel de CAO du sourire renforce donc l'aptitude du patient à accorder son consentement éclairé, de par son implication décisive initiale et à chaque étape du plan de traitement. C'est d'ailleurs une bonne illustration du passage de l'ancien modèle paternaliste au modèle actuel de consentement informatif axé sur le patient (95).

- La prédictibilité du traitement est aussi accrue notamment en ce qui concerne la précision des maquettes, l'avantage revient au wax-up digital plutôt qu'à la méthode traditionnelle (réalisation manuelle du prothésiste au laboratoire sur un modèle en plâtre). En effet, on passe à un niveau de détail de 20 à 50µm au lieu de 100µm (56). L'utilisation d'un logiciel directement compatible avec un système de CFAO (« chairside » au cabinet ou par envoi de fichier STL au laboratoire de prothèse) permettant donc un flux de travail totalement digital minimise d'ailleurs encore la marge d'erreur, ce qui augmente l'efficacité critique et la reproductibilité des mock-ups utilisés (96).

De plus, la possibilité de prendre en compte des structures oro-faciales autres que seules les dents (ex : lèvres, gencives) dans la majorité des logiciels présentés autorise une planification plus rapide et précise que par la voie traditionnelle (68).

- Le respect du gradient thérapeutique, défini par Attal et Tirlet dès 2009 (97), est un autre paramètre amélioré par l'emploi de ces solutions. Il s'agit pour le praticien, face à une demande esthétique, de chercher pour y répondre s'il est possible d'utiliser les thérapeutiques « les plus à gauche du Gradient », c'est-à-dire celles qui permettent la plus grande économie tissulaire possible.

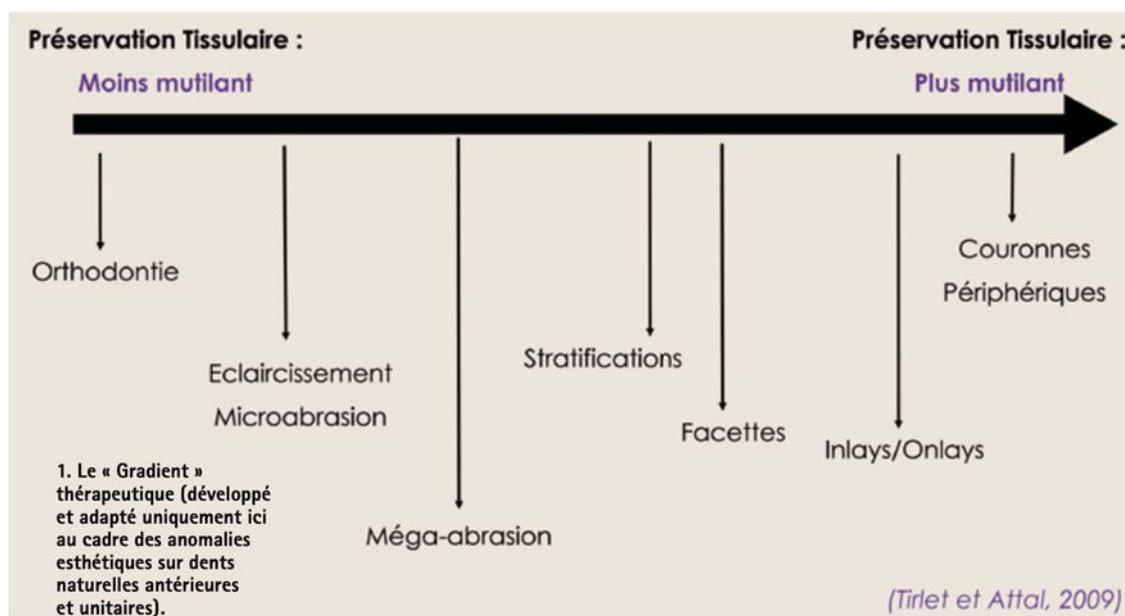


Figure 43 : illustration du concept de gradient thérapeutique

La calibration des images et l'emploi de règle de mesure numérique permettent en réalité de définir exactement l'ampleur des structures dentaires intéressées par les potentielles préparations nécessaires à la réalisation envisagée et de faire en sorte qu'elles n'intéressent que l'émail dans la plupart des cas (55). On rappelle à cette occasion que ce type de préparation est doublement bénéfique car à la fois mini-invasif et augmentant l'adhésion des restaurations collées à venir.

- Ces outils numériques permettent aussi un suivi contrôlé du traitement (98) étant donné que l'on a tout moment prendre de nouveaux clichés, les calibrer et se référer à ceux présentés initialement au patient pour avoir le plus de chances de ne pas s'écarter du résultat escompté. De ce fait, cette démarche permet d'intercepter la majorité des aléas susceptibles de survenir au cours du traitement (ex : sur-cicatrisation après une élongation coronaire qui devait réaligner les collets). Le praticien est alors à même d'en discuter immédiatement avec le patient et modifier son approche thérapeutique en fonction voire insérer des procédures supplémentaires dans le plan de traitement.

En outre, tous les éléments photographiques, vidéos et fichiers numériques (radiographies, cone beam, modèles virtuels en STL, etc.) produits au cours de ce parcours de soins sont des pièces nourrissant l'historique du dossier médical du patient. Ils sont par conséquent des fondamentaux à sauvegarder et ont une qualité de preuve médico-légale (99).

- Finalement, c'est la prise en charge globale et pluridisciplinaire du patient qui entre en jeu puisqu'il est intéressant de préciser que le champ d'utilisation de ce type de logiciels ne se réduit pas aux seuls cas de prothèses fixées. En effet, selon une revue systématique de la littérature parue en mars 2019 (61), le principe du Digital Smile Design est maintenant mis en œuvre de façon collégiale avec diverses autres disciplines dentaires et médicales, à savoir :
 - la dentisterie restauratrice (ex : composites antérieurs stratifiés)
 - la chirurgie parodontale (ex : gingivoplastie ou élongation coronaire)
 - l'implantologie (ex : guide chirurgical réalisé par « matching » du wax-up virtuel avec le cone-beam du patient)
 - la régénération osseuse guidée
 - l'orthodontie (ex : gouttières d'alignement réalisées sur-mesures pour atteindre le résultat prévisualisé par le projet esthétique numérique, celui-ci ayant préalablement été transféré sous format STL dans tout logiciel orthodontique « ouvert »)
 - la chirurgie maxillofaciale.

Toutes ces procédures sont rendues possibles par l'avènement des systèmes de « cloud computing », qu'ils soient inclus aux logiciels proposés ou utilisés de pair et la compatibilité grandissante avec les différents programmes dévolus aux spécialistes (orthodontie, implantologie, etc.). L'omnipraticien peut ainsi réaliser l'analyse et le projet esthétique virtuel avec X logiciel et les partager avec les autres intervenants sur Y plateforme protégée par mot de passe (ex : Sync.com, GoogleDrive, DropBox, OneDrive...). Le projet numérique ainsi mis en commun via internet peut donc être affiné par les différents spécialistes participant au traitement. Chacun a alors la possibilité de rajouter des examens complémentaires et proposer ses idées complémentaires voire modératrices pour donner lieu à un plan de traitement le plus complet, efficace et rapide possible.

2.4.2. Limites

- Le premier frein à l'emploi de ce type d'outils numériques est évidemment, comme dans bien d'autres domaines, leur coût. Cependant, celui-ci est très variable d'une méthode à l'autre puisque la fourchette étudiée s'étend d'une dizaine à plusieurs milliers d'euros selon leur degré d'aboutissement et, souvent, de facilité d'usage (cf tableaux de synthèse p.36 à 41).

Par ailleurs, on note que la CAO du sourire peut être facturée avec tact et mesure, comme un acte non remboursé. Cette démarche devient alors un réel investissement tout à fait amortissable par le praticien d'autant plus qu'elle concourt à augmenter le taux d'acceptation des devis par les patients qui saisissent mieux les tenants et aboutissants de la prise en charge qui leur est proposée (98).

En ce qui concerne le prix à mettre dans le matériel photographique, il rajoute certes à la mise de départ mais peut être contrôlé par l'emploi des applications telles que DSD app ou Rebel app qui sont dévolues à un usage sur smartphone.

- La période de formation à ces méthodes n'est pas à négliger. Effectivement, en dépit du fait qu'ils n'ont pas été spécifiquement conçus pour le diagnostic dentaire, Photoshop CS6 et Keynote ou Powerpoint fournissent une analyse du sourire plus complète que la plupart des programmes spécialisés dans la CAO du sourire (68). Or, cette fonction n'étant pas leur vocation première, elle se révèle très chronophage pour le praticien qui s'y aventure, d'autant plus s'il ne maîtrise pas déjà bien ces logiciels. De même, l'habileté du praticien à exploiter les autres programmes au maximum de leur potentiel sera soumise à une courbe d'apprentissage, notamment en lien avec leur fréquence d'utilisation.

Les capacités du praticien à prendre des photographies cliniques exploitables et reproductibles sont aussi prépondérantes dans cette affaire. Cela peut encore faire l'objet de formations spécialisées ou bien le praticien peut se tourner vers les systèmes d'applications sur tablettes et smartphone précédemment citées.

- Les détracteurs de ces logiciels peuvent évoquer le risque de voir se répandre des sourires uniformisés dans toute la population. On peut prendre l'exemple flagrant quoiqu'un peu caricatural du sourire « ultra-bright » et très carré des célébrités américaines... Mais un questionnaire préalable et une courte discussion avec le patient permettent d'explorer ses réelles caractéristiques socio-psychologiques ainsi que ses attentes propres (54). La personnalisation du sourire au cas par cas est donc indispensable et faisable avec tous les logiciels en présence.

- En dernier lieu, attention à ne pas idéaliser ce qui reste un simple outil. Certains cas sont particulièrement ardues à prendre en charge et le praticien se doit de prévenir le patient des difficultés de réalisation du projet esthétique et fonctionnel envisagé. En sus, avant de commencer toute analyse esthétique et propositions thérapeutiques, il est fondamental de bien évaluer les desseins du patient et ses possibilités financières. De cette manière, on évitera l'écueil des dysmorphophobiques (2) ou d'une simulation un peu trop parfaite et finalement irréalisable sur ce patient, notamment dans les cas relevant de l'orthodontie et/ou de la chirurgie.

Le praticien a de plus la responsabilité de bien savoir mesurer l'étendue de ses compétences et identifier quand il faut faire appel à des confrères plus spécialisés. L'humilité est par conséquent une valeur à ne jamais oublier. Assurément, il vaut mieux collaborer avec plus expérimenté que soi voire référer des plans de traitements très complexes plutôt qu'aboutir à des promesses non tenues et un résultat qui n'est pas celui montré initialement par l'ordinateur.

2.5. Perspectives d'avenir

- Tout d'abord, dans la recherche de précision du côté fonctionnel, on note un développement du concept d'articulateur virtuel qui existe de façon rudimentaire depuis 1985 et l'introduction d'un dispositif de ce type par François Duret et son équipe dans leur présentation de la première version du Cerec au congrès de l'ADF de cette même année. En effet, pour la majorité des logiciels, un simple affrontement en position d'intercuspidie maximale des modèles numériques des arcades ou secteurs dentaires sert à régler l'occlusion.

Initialement donc et jusqu'à sa version 4.0, la technologie Cerec se basait pour se faire sur une empreinte optique d'un mordu en silicone. Or, cela ne permettait qu'une prise d'occlusion statique. Depuis 1990, la référence a évolué pour s'appuyer sur l'enregistrement d'un mordu vestibulaire, s'affranchissant par la même occasion de tout matériau d'empreinte physique. Cette technique est tout à fait compatible avec un articulateur virtuel adaptable par le praticien après emploi sur le patient d'un arc facial (pour le paramétrage de l'angle de Balkwill, des valeurs du bras et de la base qui correspond à la distance inter-condylienne) et d'un axiographe (pour le réglage des pente condylienne et angles de Bennett).

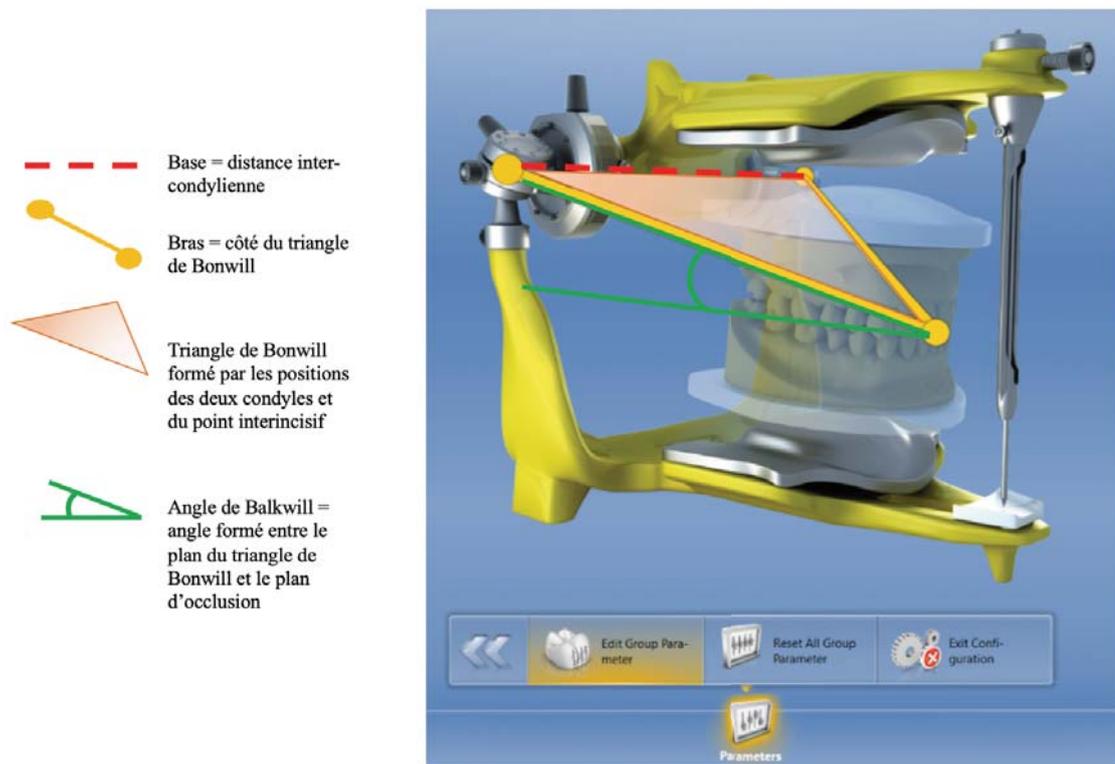


Figure 44 : illustration légendée de l'articulateur virtuel proposé par Dentsply Sirona avec le Cerec 4.2

Ce dispositif permet de reproduire la cinématique mandibulaire du patient (son OIM, ses mouvements de propulsion, rétropulsion et diductions travaillante ou non travaillante) en reprenant le principe de l'*access articulator*, aussi inventé par François Duret dès 1987. Toutefois, cet outil n'a finalement été intégré dans les logiciels de CAO proposés aux praticiens libéraux qu'une trentaine d'années plus tard puisqu'il n'est apparu dans la version 4.2 du Cerec de Dentsply Sirona qu'en 2013. On trouve y donc maintenant divers avatars d'articulateurs existants aussi dans le domaine physique. Leur avantage majeur est la visualisation de l'intensité des forces de contact qui est représentée par un code couleur permettant d'identifier rapidement les sur-occlusions, les prématurités ou interférences avant même d'avoir réalisé la prothèse puisqu'on peut les employer au stade de sa conception par ordinateur (56).

Par ailleurs, de nouvelles idées, élaborées en combinant des fichiers d'imagerie tridimensionnelles (DICOM), des empreintes optiques (STL) et des enregistrements extra-oraux des mouvements mandibulaires du patient. On peut alors citer le système *4D Jaw Motion* de Planmeca. De nouveaux logiciels émergents tels que celui de la start-up AnatoScope, visent à modéliser les forces musculaires et leur intensité. Les modèles virtuels issus d'empreintes optiques maxillaire et mandibulaire sont incorporés à un système ostéo-neuro-musculaire tridimensionnel digital et permettant de simuler le plus finement possible les mouvements mandibulaires d'ouverture/fermeture, protrusion/rétrusion et latéralités gauche/droite (56,100,101).

Selon un article paru en avril 2019 dans le *Journal of Prosthodontics* (revue de deuxième rang avec un facteur d'impact de 2,172), l'étude comparative in-vitro des mouvements dynamiques sur un articulateur virtuel tel que celui proposé par le système Cerec 4.2 se sont révélés aussi vrais et précis que sur un articulateur mécanique. Lorsqu'il y a des écarts, ceux-ci sont inférieurs à 100 μm et, par conséquent, peuvent ne pas être considérés comme cliniquement pertinents. On en conclut ainsi que l'articulateur virtuel est actuellement aussi fiable que son homologue physiquement palpable (102).

Attention, ces résultats sont cependant à modérer pour les praticiens désireux de se détacher totalement de tout appareillage physique, et donc de l'emploi combiné de l'arc facial et de l'axiographe. Ils peuvent utiliser les valeurs moyennes pré-rentées dans l'articulateur virtuel proposé par Dentsply Sirona mais on se retrouve alors face à un plus grand risque d'imprécision, incompatible avec des restaurations très étendues. Pour parer cet écueil, un arc facial numérique a été proposé par Solaberrieta en 2013 (103) mais sa mise en œuvre reste, à l'heure actuelle, très fastidieuse et chronophage donc peu adaptée aux impératifs d'un cabinet de ville.

- Ensuite, la piste du projet esthétique 3D semble être une voie prometteuse pour combler les lacunes des techniques en 2D que sont les erreurs de parallaxe et l'interruption du flux de travail tout numérique qu'elles impliquent encore trop souvent.

La révolution numérique en dentisterie rend désormais envisageable l'idée d'effectuer une capture du visage et de l'aligner de manière précise avec l'empreinte optique intra-orale, afin de concevoir le projet esthétique en trois dimensions.

Toutefois, le choix d'une technique propre à cette numérisation du visage est compliqué par sa mobilité et sa sensibilité aux rayonnements ionisants. En outre, nos yeux supportent mal l'emploi de faisceaux tels que le LASER, caractérisés par une luminosité très élevée et les surfaces dentaires se révèlent particulièrement réfléchissantes, ce qui crée de nombreux artefacts et autres erreurs d'acquisition.

Par ailleurs, une revue de la littérature dont le but était de fournir une mise à jour des connaissances scientifiques actuelles dans le domaine de la science des patients virtuels 3D et d'identifier une méthode simple, intelligente et abordable pour combiner différents formats de fichiers obtenus à partir de différents appareils numériques est parue en novembre 2018 dans *The Journal of Craniofacial Surgery*. Elle concluait que l'étape critique pour la réalisation d'un avatar tridimensionnel du patient était la connexion des différents modules numériques permettant d'obtenir des informations aussi diverses et essentielles que le CBCT, le scan intra-oral et le scan facial (104).

Un article paru en septembre 2019 dans la revue *Réalités Cliniques* présente une méthodologie clinique basée sur la photogrammétrie. Dans ce cas clinique, en prenant une série de clichés autour de la tête du patient puis en exploitant un logiciel dédié sur PC ou Mac (Photoscan Pro d'Agisoft dans le cas décrit), le praticien réalise la numérisation tridimensionnelle du visage mais ce procédé semble long à réaliser.

La seconde proposition d'acquisition est faite avec un scanner commercial. Celui-ci doit offrir une précision de résolution suffisante pour pouvoir directement aligner le visage numérique avec les arcades dentaires. Dans le cas contraire, il faut utiliser deux dispositifs (une gouttière avec aligneur extra-buccal présentant des formes géométriques faciles à détecter pour le logiciel et un second aligneur géométrique placé sur le front du patient) qui assurent le positionnement des acquisitions tridimensionnelles entre elles (105).

A propos des scanners faciaux 3D actuellement utilisables, une étude in vitro a été publiée en décembre 2019 dans l'*International Journal of Environmental Research and Public Health* (revue de deuxième rang avec un facteur d'impact de 2.468) par une équipe thaïlandaise pour comparer la précision de quatre de ces systèmes, à savoir EinScan Pro, EinScanPro 2X Plus, l'application Bellus 3D sur iPhone X et le Planmeca ProMax 3D Mid. L'étude se basait sur le scan 3D d'un modèle de visage créé avec le logiciel de modélisation Rhinoceros 3D selon des formes, taille et ratios proches de l'être humain et imprimé en acide polylactique selon une résolution de 200 microns suivant les axes x, y et z d'un repère orthonormé. Les données acquises par le scan 3D étaient enregistrées sous format STL et servaient à la recreation d'un modèle en utilisant à nouveau Rhinoceros 3D. Les modèles ainsi obtenus après l'emploi de chacun des systèmes testés étaient finalement mesurés à l'aide d'un pied à coulisse numérique (Mitutoyo 150mm Digital Caliper) pour comparaison avec les dimensions du modèle

d'origine obtenues avec le même outil de mesure. Les scans et mesures étaient réalisés cinq fois pour chaque système et l'emploi d'un test unidirectionnel ANOVA avec post hoc à l'aide de Scheffe permettait d'identifier la variance des données avec un niveau de significativité établi à $p=0.05$. La discussion et la conclusion de cet article précisent que les quatre scanners faciaux testés sont utilisables en clinique orale mais l'EinScan Pro 2X Plus se distingue par une meilleure précision en longueur et profondeur. Les auteurs concluent toutefois qu'aucun de ces systèmes n'est fiable pour enregistrer fidèlement des zones de profondeurs excédant 2mm (106).

On notera l'écart de coût non négligeable entre les scanners professionnels tels que le EinScan Pro 2X Plus (affiché à plus de 8000€ sur le site Maker Shop 3D) ou le Face Hunter de Zirkonzahn (10 000€) et l'application Bellus 3D pour iPhone X (gratuite en version grand publique ou licence « dental pro » accessible dès 720€/an, notamment compatible avec les suites logicielles 3shape et exocad avec un export direct du modèle 3D en .obj et des outils d'alignement automatique sur les CBCT ou scans intra-oraux du patient en .stl ou .ply).

En outre, la technique de photogrammétrie reste, elle, gratuite avec notamment le logiciel open source Meshroom d'Alice Vision, utilisable sur Windows ou Linux avec un processeur graphique NVidia. Les inconvénients de cette dernière option ne sont toutefois pas négligeables :

- Chronophage (il faut un minimum de 30 à 50 photos prises selon 3 angles différents en tournant autour du patient puis le logiciel aura besoin d'une vingtaine de minutes en moyenne pour obtenir une reconstitution 3D correcte du visage)
- Gros impact de la qualité des images de départ (smartphone haut de gamme pour avoir de bonnes photos ou appareil photo réflex) surtout pour éviter toute zone de flou
- Nécessité d'avoir un décor riche (pas de fond uni pour les photos car les marqueurs uniques de l'environnement aident le logiciel à bien positionner ses caméras virtuelles pour reconstruire le modèle 3D)
- Relative imprécision du rendu 3D avec un effet de grain souvent prononcé pouvant requérir l'emploi d'un autre logiciel (par exemple Blender ou MeshDecimate) pour l'optimiser
- L'alignement du fichier obtenu en .obj devra se faire de façon manuelle avec le CBCT ou le scan intra-oral du patient.

Pour finir cet exposé, voici donc deux réalisations de scans du visage réalisés personnellement :

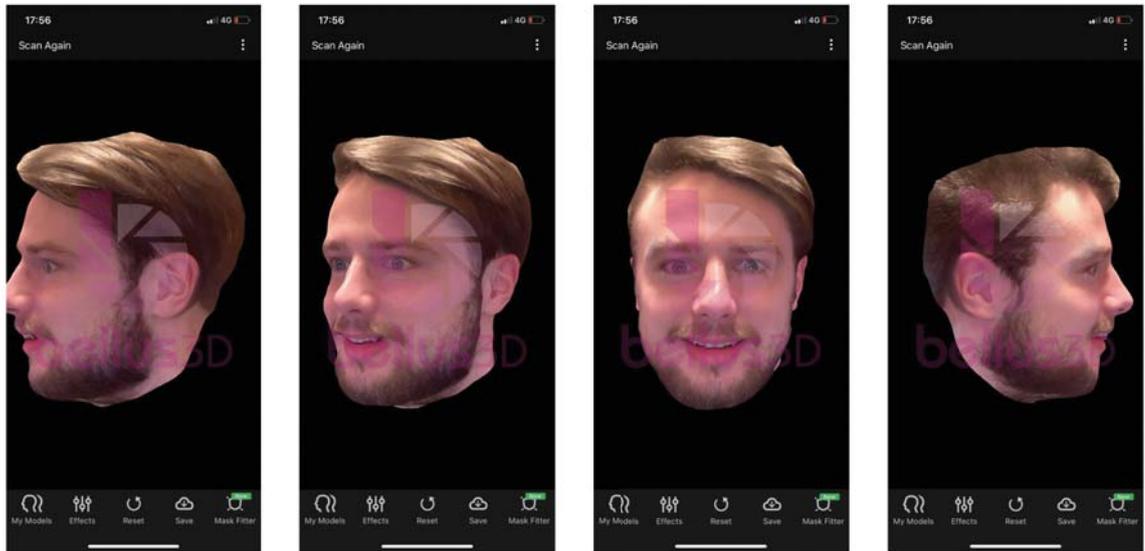


Figure 45 : exemple de scan facial 3D avec l'application Bellus 3D sur iPhone X

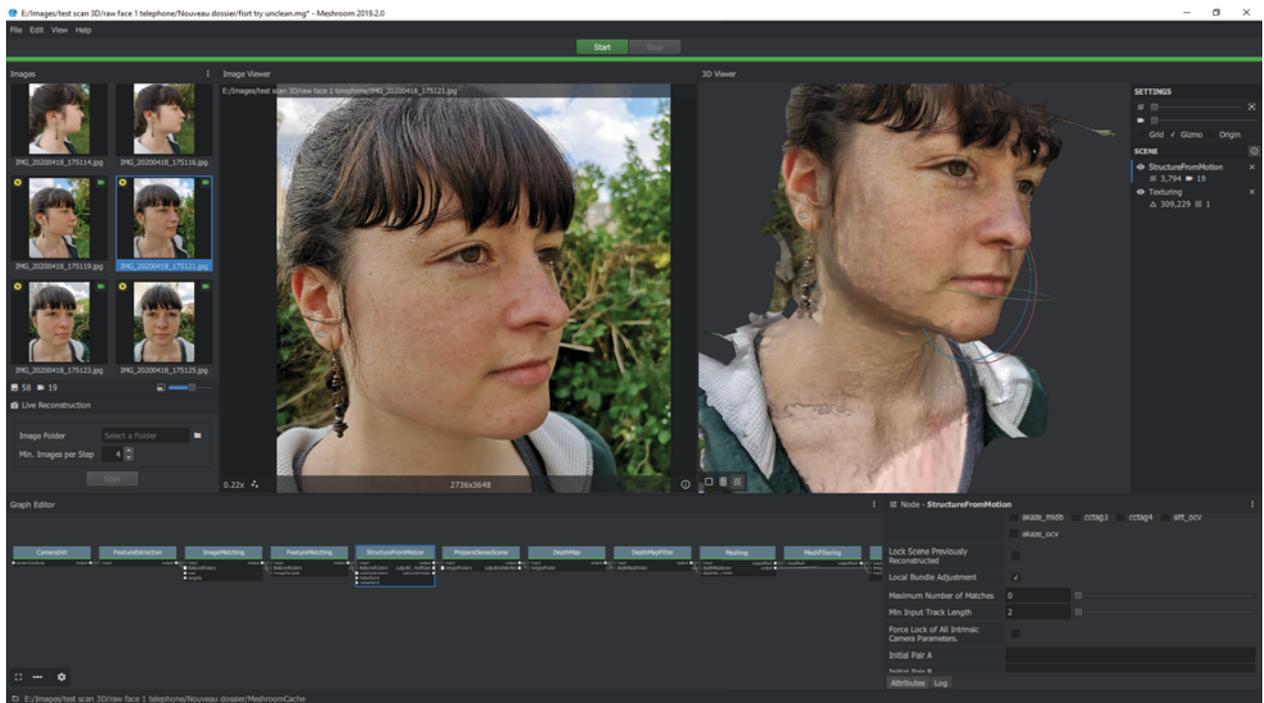


Figure 46 : exemple de scan facial réalisé par photogrammétrie avec un smartphone Huawei P20 Pro et le logiciel Meshroom

CONCLUSION

La prise en charge des dimensions esthétique et fonctionnelle de la pratique odontologique s'est grandement enrichie depuis une centaine d'années. Elle a notamment bénéficié d'un coup d'accélérateur majeur avec l'apparition des outils digitaux et du flux de travail numérique qui facilite sa planification interdisciplinaire tout en impliquant activement le patient d'un bout à l'autre de son traitement. La communication s'est ainsi trouvée renforcée entre tous les protagonistes de la relation de soin, augmentant par la même occasion les chances de succès thérapeutique tout en accordant plus de place à la préservation des structures dentaires. Les plans de traitement sont devenus plus personnalisables, modulables et avec un meilleur contrôle à chacune de leurs étapes.

En contrepoint, le coût, l'aspect parfois chronophage du premier temps d'apprentissage de l'emploi de ces logiciels, leur quasi-pléthore ainsi que leurs fonctionnalités variables (portant à confusion quant au choix de la « bonne » solution de conception assistée par ordinateur) peut faire de l'ombre à ces progrès.

On peut maintenant se poser la question de ce qu'il en est de la part réelle de leur emploi dans les cabinets d'omnipraticien et des implications que cela peut avoir avec le relativement nouveau RGPD (règlement général sur la protection des données) mais ceci est un autre sujet.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : lignes de référence et étages de la face	12
Figure 2 : analyse du profil	13
Figure 3 : ligne du sourire (haute/moyenne/basse)	14
Figure 4 : lignes incisive et interincisive.....	15
Figure 5 : sourire asymétrique.....	15
Figure 6 : ligne esthétique idéale.....	16
Figure 7 : ligne esthétique oblique/plate/inversée.....	16
Figure 8 : corridor labial large/normal/absent.....	17
Figure 9 : agencement axial des dents du sourire.....	17
Figure 10 : embrasures occlusales.....	17
Figure 11 : ligne des collets et zéniths gingivaux	18
Figure 12 : proportions respectant le nombre d'or.....	19
Figure 13 : proportion RED	19
Figure 14 : formes triangulaire/rectangulaire/ovoïde et lignes de transition	20
Figure 15 : rapport L/h = 80%.....	21
Figure 16 : modèle TSL de la couleur illustré par le cylindre de Münsell et teintiers les plus utilisés en pratique courante pour les références en restaurations céramiques	21
Figure 17 : modèle CIE L*a*b* et aperçu de l'analyse d'une photographie polarisée sur le logiciel e-LAB_pilot	22
Figure 18 : micro- et macro-textures dentaires	23
Figure 19 : photographie de prise de la teinte du moignon de 11 avec un teintier Vita Classical	24
Figure 20 : réglage du rapport de reproduction sur un objectif macro.....	25
Figure 21 : la mise au point est correcte sur toute la photo de gauche alors qu'elle est réduite à la seconde prémolaire sur celle de droite qui a une profondeur de champ plus petite.....	26
Figure 22 : le trio de réglages influençant l'exposition	26
Figure 23 : trio essentiel de l'équipement photographique : boîtier, objectif, flash.....	27
Figure 24 : écarteurs latéraux/unitaire/optiview/optragate.....	28
Figure 25 : exemples de contrasteurs et leur application	28
Figure 26 : exemples de miroirs intrabuccaux	28
Figure 27 : exemples de visages au repos / sourire social / sourire Duchenne	32
Figure 28 : les 7 lignes d'EEF.....	34
Figure 29 : prononciation du [s].....	35
Figure 30: prononciation du [f]	35
Figure 31 : prononciation du [m]	35
Figure 32 : prononciation du [é].....	36
Figure 33 : OIM vue de face	36
Figure 34 : vue latérale droite des dents d'un patient en OIM (a) puis en RC (b).....	37
Figure 35 : mise en évidence des contacts suite à une propulsion mandibulaire menant au bout à bout incisif (a) et en incision (b), les flèches jaunes indiquent le sens du déplacement de la mandibule	38
Figure 36 : valeurs normales de surplomb et recouvrement incisifs.....	38
Figure 37 : réglages du Ditramax® et guide de report des lignes de référence sur le modèle en plâtre maxillaire.....	39
Figure 38 : wax-up (a) et contrôle de la préparation des dents avec la clé qui en découle (b)	39
Figure 39 : exemple de préparations pour facettes à travers un mock-up et fraise calibrée pour les rainures à pénétration contrôlée de la face vestibulaire	40
Figure 40 : mock-up initial en composite sur 11, au repos et au sourire	41

Figure 41 : Chronologie des jalons en dentisterie esthétique (1919-2019). Les entrées présentent, par ordre chronologique, une sélection des développements et découvertes significatifs survenus chaque décennie.	44
Figure 42 : exemple de projet esthétique virtuel réalisé avec le logiciel Smilecloud	53
Figure 43 : illustration du concept de gradient thérapeutique.....	55
Figure 44 : illustration légendée de l'articulateur virtuel proposé par Dentsply Sirona avec le Cerec 4.2.....	59
Figure 45 : exemple de scan facial 3D avec l'application Bellus 3D sur iPhone X	63
Figure 46 : exemple de scan facial réalisé par photogrammétrie avec un smartphone Huawei P20 Pro et le logiciel Meshroom	63

BIBLIOGRAPHIE

1. Fradeani M, Liger F, Perelmuter S. Analyse esthétique: une approche systématique du traitement prothétique. Paris : Quintessence International; 2007.
2. Levine JB, Kraus Biomedical. Dentisterie esthétique: le sourire [Internet]. 2017 [cité 10 sept 2019].
3. Étienne O. Restaurations esthétiques en céramique collée. 2016.
4. Drummond S, Capelli J. Incisor display during speech and smile: Age and gender correlations. *Angle Orthod.* nov 2015;86(4):631-7.
5. Magne P, Gallucci GO, Belser UC. Anatomic crown width/length ratios of unworn and worn maxillary teeth in white subjects. *J Prosthet Dent.* mai 2003;89(5):453-61.
6. Tsukiyama T, Marcushamer E, Griffin TJ, Arguello E, Magne P, Gallucci GO. Comparison of the anatomic crown width/length ratios of unworn and worn maxillary teeth in Asian and white subjects. *J Prosthet Dent.* janv 2012;107(1):11-6.
7. Alharethy S. Preferred nasolabial angle in Middle Eastern population. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol.* mai 2017;274(5):2339-41.
8. Mannino GN, Lipner SR. Current concepts in lip augmentation [Internet]. [cité 18 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.mdedge.com/dermatology/article/116563/aesthetic-dermatology/current-concepts-lip-augmentation>
9. KAR M, MULUK NB, BAFAQEEH SA, CINGI C. Is it possible to define the ideal lips? *Acta Otorhinolaryngol Ital.* févr 2018;38(1):67-72.
10. Shmuly T, Chaushu G, Allon DM. Does maxillary advancement influence the nasolabial angle? *J Craniofac Surg.* juill 2019;30(5):e408-11.
11. Borghetti A, Monnet-Corti V. Chirurgie plastique parodontale. Rueil-Malmaison: Editions CdP; 2011.
12. Guo J, Gong H, Tian W, Tang W, Bai D. Alteration of gingival exposure and its aesthetic effect. *J Craniofac Surg.* mai 2011;22(3):909-13.
13. Khan F, Abbas M. Frequency of gingival display during smiling and comparison of biometric measurements in subjects with and without gingival display. *J Coll Physicians Surg Pak.* juill 2014;24(7):503-7.
14. Hu X, Nahles S, Nelson CA, Lin Y, Nelson K. Analysis of soft tissue display during enjoyment smiling: part 1--Caucasians. *Int J Periodontics Restorative Dent.* févr 2013;33(1):e9-15.
15. Tikku T, Khanna R, Maurya RP, Ahmad N. Role of buccal corridor in smile esthetics

and its correlation with underlying skeletal and dental structures. *Indian J Dent Res.* avril 2012;23(2):187-94.

16. Lanza A, Di Francesco F, De Marco G, Femiano F, Itro A. Clinical application of the PES/WES index on natural teeth: case report and literature review. *Case Rep Dent* [Internet]. 2017 [cité 25 sept 2019]. Disponible sur:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5316430/>

17. Hochman MN, Chu SJ, Tarnow DP. Maxillary anterior papilla display during smiling: a clinical study of the interdental smile line. *Int J Periodont Restor Dent.* août 2012;32(4):375-83.

18. Chu SJ, Tan JH-P, Stappert CFJ, Tarnow DP. Gingival zenith positions and levels of the maxillary anterior dentition. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21(2):113-20.

19. Nomura S, Freitas KMS, da Silva PPC, Valarelli FP, Cançado RH, de Freitas MR, et al. Evaluation of the attractiveness of different gingival zeniths in smile esthetics. *Dent Press J Orthod.* 2018;23(5):47-57.

20. Rajiv A, Juhi Y. Golden proportions as predictors of attractiveness and malocclusion. *Indian J Dent Res.* déc 2014;25(6):788-93.

21. Pitel ML, Raley-Susman KM, Rubinov A. Preferences of lay persons and dental professionals regarding the recurring esthetic dental proportion. *J Esthet Restor Dent.* avril 2016;28(2):102-9.

22. Lasserre DJ-F. Forme et harmonie de l'incisive centrale maxillaire. *Inf Dent.* 2008;41:2469-74.

23. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health.* 23 févr 2011;11(1):6.

24. Berteretche M-V, Chiche G. *Esthétique en odontologie.* Paris: Éditions CdP; 2014.

25. Brokos Y, Stavridakis M, Krejci I. Digital photographic procedure for comprehensive two-dimensional tooth shade analysis. *Compend Contin Educ Dent.* sept 2017;38(8):e1-4.

26. Posavec I, Prpić V, Zlatarić DK. Influence of light conditions and light sources on clinical measurement of natural teeth color using VITA Easyshade Advance 4,0® Spectrophotometer. Pilot Study. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50(4):337-47.

27. Lehmann K, Devigus A, Wentaschek S, Igiel C, Scheller H, Paravina R. Comparison of visual shade matching and electronic color measurement device. *Int J Esthet Dent.* 2017;12(3):396-404.

28. Fernández Millán D, Gallas Torreira M, Alonso de la Peña V. Using a repositioning splint to determine reproducibility in the color registers of a dental spectrophotometer. *J Esthet Restor Dent.* oct 2019;

29. Salehi A, Watzki D, Ibraimi D, Etienne O. e-LAB : un nouveau système d'analyse et de contrôle chromatique. *Réal Clin.* sept 2019;30(3):206-14.
30. Innovative products for dental photography | eLAB [Internet]. [cité 8 avr 2020]. Disponible sur: <https://emulation.me/products>
31. Kalpana D, Rao SJ, Joseph JK, Kurapati SKR. Digital dental photography. *Indian J Dent Res.* janv 2018;29(4):507.
32. Légifrance. Code de la santé publique [Internet]. [cité 11 oct 2019]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=C172607C8DCA35439B45DEF33A8A06A3.tplgfr38s_2?idSectionTA=LEGISCTA000006185255&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20191011
33. Morse GA, Haque MS, Sharland MR, Burke FJT. The use of clinical photography by UK general dental practitioners. *Br Dent J.* janv 2010;208(1):E1-E1.
34. Wander P, Ireland RS. Dental photography in record keeping and litigation. *Br Dent J.* août 2014;217(3):133-7.
35. Ang T, Jolivalt B. Manuel de photo numérique. Malakoff : Dunod, 2017.
36. Bengel W. Mastering digital dental photography. London : Quintessence, 2006.
37. Camaleonte G, Faucher A-J. Analyse esthétique de la face et du sourire : protocole photographique. *Réal Clin.* sept 2019;30(3):175-80.
38. Jaffer H, Ichesco E, Gerstner GE. Kinematic analysis of a Duchenne smile. *Arch Oral Biol.* avril 2016;64:11-8.
39. Walter RD, Goodacre BJ, Goodacre CJ, Naylor WP, Oyoyo U. A comparison of gingival display with a requested smile, Duchenne smile, grimace of disgust, and funnel-shaped expression. *J Prosthet Dent.* août 2014;112(2):220-7.
40. Liu R, Hu A, Niu L, Wang F, Lu Y, Zhou Q. Association of incisal overlaps with /s/ sound and mandibular speech movement characteristics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* juin 2019;155(6):851-9.
41. Orthlieb J, Darmouni L, Pedinielli A, Jouvin Darmouni J. Fonctions occlusales : aspects physiologiques de l'occlusion dentaire humaine. *Encycl Med Chir (Paris), Médecine Buccale.* [Article 28-160-B-10]), 2013
42. Orthlieb J. *Occlusodontie pratique.* Ruel-Malmaison : Editions CdP; 2000.
43. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 1. *Eur J Esthet Dent.* 2008;3(1):30-44.
44. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 2. *Eur J Esthet Dent.* 2008;3(2):128-46.

45. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 3. *Eur J Esthet Dent*. 2008;3(3):236-57.
46. Fradeani M, Barducci G, Chiche G, Liger F, Perelmuter S. Réhabilitation esthétique en prothèse fixée. Volume 2. Paris : Quintessence International 2009.
47. Miralles R. Canine-guide occlusion and group function occlusion are equally acceptable when restoring the dentition. *J Evid-Based Dent Pract*. mars 2016;16(1):41-3.
48. Le Gall MG, Lauret J-F, Le Gall MG. La fonction occlusale: implications cliniques. Rueil-Malmaison: Éditions CdP; 2008.
49. Margossian P, Laborde G, Koubi S, Couderc G, Mariani P. Use of the ditramax system to communicate esthetic specifications to the laboratory. *Eur J Esthet Dent*. 2011;6(2):188-96.
50. Simon H, Magne P. Clinically based diagnostic wax-up for optimal esthetics: the diagnostic mock-up. *J Calif Dent Assoc*. mai 2008;36(5):355-62.
51. Saeidi Pour R, Engler MLPD, Edelhoff D, Prandtner O, Frei S, Liebermann A. A patient-calibrated individual wax-up as an essential tool for planning and creating a patient-oriented treatment concept for pathological tooth wear. *Int J Esthet Dent*. 2018;13(4):476-92.
52. Gaillard C. Intérêt du mock-up en dentisterie esthétique. *Inf Dent*. 2012;94(10):5.
53. Magne P, Belser UC. Novel porcelain laminate preparation approach driven by a diagnostic mock-up. *J Esthet Restor Dent*. 2004;16(1):7-16; discussion 17-18.
54. Koubi S, Gurel G, Bichacho N, Van Dooren E. Le G4 de la dentisterie : les clés de l'esthétique du sourire, concepts et recettes. Congrès ADF 2019, Paris; 26-30 novembre 2019.
55. Gurel G, Morimoto S, Calamita MA, Coachman C, Sesma N. Clinical performance of porcelain laminate veneers: outcomes of the aesthetic pre-evaluative temporary (APT) technique. *Int J Periodont Restor Dent*. déc 2012;32(6):625-35.
56. Descamp F. La CFAO en odontologie: les bases, les principes et les systèmes. Rueil-Malmaison : Editions CdP, 2016.
57. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilino SA. Tooth preparations for complete crowns: an art form based on scientific principles. *J Prosthet Dent*. avr 2001;85(4):363-76.
58. Marsango V, Bollero R, D'Ovidio N, Miranda M, Bollero P, Barlattani A. Digital work-flow. *ORAL Implantol*. mars 2014;7(1):20-4.
59. Bolla SC, Gantha NS, Sheik RB. Review of history in the development of esthetics in dentistry. *IOSR J Dent Med Sci*. 2014;13(6):31-5.
60. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of aesthetic dentistry. *J Dent Res*. 2019;98(12):11.

61. Cervino G, Fiorillo L, Arzukanyan AV, Spagnuolo G, Cicciù M. Dental restorative digital workflow: digital smile design from aesthetic to function. *Dent J. mars 2019*;7(2).
62. Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent. 2015*;18(4):303-17.
63. Coachman C, Calamita MA, Sesma N. Dynamic documentation of the smile and the 2D/3D digital smile design process. *Int J Periodont Restor Dent. avril 2017*;37(2):183-93.
64. Coachman C, Calamita M. Digital smile design: a tool for treatment planning and communication in esthetic dentistry. *Quintessence Dent Technol 2012. janv 2012*;35:10.
65. Bini DV. Aesthetic Digital Smile Design ADSD : dentisterie esthétique assistée par ordinateur – Partie I. *Dent Trib. 2014*;4(4):9.
66. Bini V. MICD & ADSD : 3D visual perception from smile design to veneers cementation. *MiCD J. juin 2017*;1(1):12-22.
67. Aesthetic Digital Smile Design ADSD [Internet]. adsd-smile-design. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.aestheticdigitalsmiledesign-adsd.com>
68. Omar D, Duarte C. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: a review of literature. *Saudi Dent J. janv 2018*;30(1):7-12.
69. Wang F, Tang Q, Xi S, Liu R, Niu L. Comparison and evaluation of the morphology of crowns generated by biogeneric design technique with CEREC chairside system. *PLoS ONE [Internet]. 16 janv 2020 [cité 6 févr 2020].* Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6964887/>
70. Cerec SW Smile Design [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=FGiQ6OIV_9k
71. Si scrive Digital Smile System, si legge Futuro [Internet]. Digital Smyle System - Just Digital. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://just-digital.it/>
72. Digital Smile System 1.0.6 Tutorial [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=qfQ8vFML-tU>
73. DSDApp [Internet]. DSDApp by Coachman. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://digitalsmiledesignapp.com/>
74. DSD CONNECT. Step by step video tutorial [Internet]. Vimeo. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://vimeo.com/94773968>
75. Hack Dental Software [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <http://hack.dental/software/>
76. EASY Esthetic Analysis by Smile academy, l'application [Internet]. EASY. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <http://www.easy-esthetic.com/>

77. Paris J-C. L'analyse esthétique et le projet prothétique. Congrès ADF 2018, Paris; 27 novembre - 1^{er} décembre 2018.
78. GPS Dental Lab. [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <http://www.gpsdental.com/>
79. GPS presents the 3D Smile Designer [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=_YBSCyLL7HI
80. NemoTec. [Internet]. NemoSmile Design 2D. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.nemotec.com/es/software/nemosmiledesign2d>
81. Digital Smile Design NemoDSD 2D software by Dr. Coachman [Internet]. [cité 29 janv 2020]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=Own6MR-m_yg&feature=youtu.be
82. Video DEMO NEMODSD 3D Digital Smile Design Long Version [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=J5f4-jItzhc&feature=youtu.be>
83. McLaren EA, Goldstein RE. The Photoshop Smile Design Technique. Compend Contin Educ Dent. mai 2018;39(5):e17-20.
84. Rebel Dental [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://rebel.dental/>
85. Rebel Simplicity Software Tutorial [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=25rUHRhzBW0&feature=youtu.be>
86. Digital smile design software | Planmeca Romexis [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.planmeca.com/software/software-modules/planmeca-romexis-smile-design/>
87. 3Shape Dental System® – solution de CFAO dentaire intégrée pour scanners 3D [Internet]. 3shape. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.3shape.com/443/fr-fr/products/dental-labs/cad-software>
88. 3Shape RealView™ Engine - Next Generation 3D Digital Smile Design [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=kePJSttidLU>
89. Smilecloud [Internet]. [cité 3 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.smilecloud.com/>
90. Smilecloud demo case [Internet]. 2020 [cité 3 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=tIz4jxC5zco>
91. Smile Designer Pro [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.smiledesignerpro.com/>
92. VisagiSmile Dental Software [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: <https://visagismile.com/category/news/>
93. VisagiSmile Video Tutorial 2016-09 [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur:

<https://www.youtube.com/watch?v=DPPMOG7Mnr4&feature=youtu.be>

94. Légifrance. Code de la santé publique - Article L1111-4. [Internet]. [cité 11 oct 2019]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_1c/LEGIARTI000006685767/2005-04-23
95. Hajivassiliou EC, Hajivassiliou CA. Informed consent in primary dental care: patients' understanding and satisfaction with the consent process. *Br Dent J.* sept 2015;219(5):221-4.
96. Cattoni F, Mastrangelo F, Gherlone EF, Gastaldi G. A new total digital smile planning technique (3D-DSP) to fabricate CAD-CAM mockups for esthetic crowns and veneers. *Int J Dent.* 2016;2016:6282587.
97. Tirlet G, Attal J-P. Le Gradient thérapeutique, un concept médical pour les traitements esthétiques. *Inf Dent.* nov 2009; 91(41/42):2561–2568.
98. Paravina RD, Coachman C. Digitally enhanced esthetic dentistry from treatment planning to quality control. *J Esthet Restor Dent.* 2016;28:78.
99. Figgenger L, Runte C. Digital radiography and electronic data storage from the perspective of legal requirements for record keeping. *J Forensic Odontostomatol.* déc 2003;21(2):40-4.
100. Planmeca. Innovative jaw movement tracking | Planmeca 4D Jaw Motion [Internet]. [cité 19 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.planmeca.com/fr/imagerie/imagerie-3d/planmeca-4d-jaw-motion/>
101. AnatoScope. AnatoScope - Digital Anatomy for Personalized Healthcare [Internet]. [cité 19 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.anatoscope.com/>
102. Hsu MR, Driscoll CF, Romberg E, Masri R. Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. *J Prosthodont.* avril 2019;28(4):436-43.
103. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Etxaniz O. Direct transfer of the position of digitized casts to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* juin 2013;109(6):411-4.
104. Mangano C, Luongo F, Migliario M, Mortellaro C, Mangano FG. Combining intraoral scans, cone beam computed tomography and face scans : the virtual patient. *J Craniofac Surg.* nov 2018;29(8):2241-6.
105. Quarré L, Faudi J-M, Etienne O. Le projet esthétique 3D : la voie du futur. *Réal Clin.* sept 2019;30(3):227-35.
106. Amornvit P, Sanohkan S. The accuracy of digital face scans obtained from 3D scanners: an in vitro study. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(24):5061.

DESBUQUOIS (Marina). – Planification esthétique et fonctionnelle en prothèse fixée, apport des logiciels de CAO. – 74 f. ; 46 ill. ; 106 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2020)

RESUME :

La prothèse fixée impacte directement le sourire du patient. Or celui-ci est le siège d'une indissociable dualité entre son aspect physique et son aspect psychologique. Cliniquement, cela se traduit par des impératifs en termes de fonctionnalité et d'esthétique. Face à la demande croissante de ce type de réhabilitations et pour leur réussite, il est nécessaire que les propositions de traitement soient clairement comprises et validées par le patient et l'équipe de soins. Le diagnostic, la planification et la communication sont des éléments-clés pour y parvenir.

Néanmoins, avec l'avènement de l'ère du numérique, les seuls yeux humains et les techniques traditionnelles qui y sont liées se voient complétés voire concurrencés par des logiciels de conception assistée par ordinateur.

Comment ces logiciels fonctionnent-ils ? Quels sont leurs objectifs, leurs avantages et leurs limites ? Quelles perspectives d'avenir nous ouvrent-ils ?

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Prothèse Conjointe

MOTS CLES MESH :

Planification des soins du patient / Patient care planning

Prothèse partielle fixe / Denture, partial, fixed

Dentisterie esthétique / Esthetics, dental

Conception assistée par ordinateur / Computer-aided design

JURY :

Président : Professeur AMOURIQ Y.

Directeur : Professeur AMOURIQ Y.

Assesseur : Professeur LE GUEHENNEC L.

Assesseur : Docteur JORDANA F.

Assesseur : Docteur BODIC F.

ADRESSE DE L'AUTEUR :

19 Rue La Motte Picquet 44100 NANTES

marina.desbuquois@gmail.com