



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**ACADÉMIE DE NANCY – METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE**

ANNÉE 2018

N°10233

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Paul-Marie SYDA

Né le 15 mars 1992 à Nancy (Meurthe-et-Moselle)

**Apports des outils numériques à l'analyse
esthétique et à la réhabilitation du sourire**

Présentée et soutenue publiquement le

1^{er} Juin 2018

Examineurs de la thèse :

Pr. J-M. MARTRETTE

Professeur des Universités

Président

Dr. A-S. VAILLANT

Maître de Conférences des Universités

Co-Directeur

Dr. P. HIRTZ

Assistant Hospitalier Universitaire

Directeur

M. E. BERGER

Maître artisan prothésiste dentaire

Juge

*Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que
les opinions émises dans les dissertations
qui lui seront présentées
doivent être considérées comme propre à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation*

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département Odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme DROZ Dominique	Maître de Conférences *
	Mme JAGER Stéphanie	Maître de Conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maître de Conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maître de Conférences Associée *
	M. LEFAURE Quentin	Assistant
	Mme DARSAT Claire	Assistante*
Département Orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	M. EGLOFF Benoît	Maître de Conférences *
	Mme GREGOIRE Johanne	Assistante
	Mme LAWTON Mathilde	Assistante
Département Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme CLÉMENT Céline	Maître de Conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme NASREDDINE Greyce	Assistante
	M. AMBROSINI Pascal	Professeur des Universités *
Département Parodontologie Sous-section 57-01	Mme BISSON Catherine	Maître de Conférences *
	M. JOSEPH David	Maître de Conférences *
	M. PENAUD Jacques	Maître de Conférences
	M. LACH Patrick	Assistant
	Mme MAYER-COUPIN Florence	Assistante
	Mme PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – Praticien attachée*
	Mme GUILLET-THIBAUT Julie	Maître de Conférences *
Département Chirurgie orale Sous-section 57-01	M. BRAVETTI Pierre	Maître de Conférences
	Mme PHULPIN Bérengère	Maître de Conférences *
	M. CLERC Sébastien	Assistant*
	M. HASNAOUI Nasr	Assistant
	Mme KICHENBRAND Charlène	Enseignante univ. – Praticien attachée*
Département Biologie orale Sous-section 57-01	M. YASUKAWA Kazutoyo	Maître de Conférences *
	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des Universités *
	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Assistante*
Département Dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M. MORTIER Éric	Maître de Conférences *
	M. AMORY Christophe	Maître de Conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maître de Conférences *
	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Maître de Conférences
	M. VINCENT Marin	Maître de Conférences*
	Mme GEBHARD Cécile	Assistante
	M. GEVREY Alexis	Assistant
	M. GIESS Renaud	Assistant *
Département Prothèses Sous-section 58-01	M. DE MARCH Pascal	Maître de Conférences
	M. SCHOUVER Jacques	Maître de Conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maître de Conférences *
	Mme CORNE Pascale	Maître de Conférences Associée *
	M. CIESLAK Steve	Assistant
	M. HIRTZ Pierre	Assistant *
	M. KANNENGIESSER François	Assistant
	Mme MOEHREL Bethsabée	Assistante*
	M. VUILLAUME Florian	Assistant
	Mme STRAZIELLE Catherine	Professeur des Universités *
Département Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	Mme MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de Conférences *
	M. SALOMON Jean-Pierre	Maître de Conférences
	Mme WILLEMIN Anne-Sophie	Assistante Associée

Souligné : responsable de département

* temps plein

Mis à jour le 08/02/2018

Remerciements

À NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE,

Monsieur le Professeur **Jean-Marc MARTRETTE**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en Médecine Bucco-Dentaire

Docteur en Sciences Pharmacologiques

Habilité à Diriger des Recherches

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Chirurgie orale ; parodontologie ; biologie orale

Doyen de la Faculté d'odontologie de Nancy

Vous nous faites l'honneur d'accepter de présider le jury de notre thèse.

*Nous vous remercions pour votre disponibilité, votre écoute, votre bienveillance
envers les étudiants, ainsi que votre investissement pour votre tâche.*

*Veillez trouver ici un témoignage de gratitude et de profond respect pour vos
qualités humaines, odontologiques et pédagogiques.*

À NOTRE CO-DIRECTEUR,

Madame le Docteur **Anne-Sophie VAILLANT,**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancienne interne en odontologie

Maître de Conférences des Universités – Praticien hospitalier

Sous-section : Dentisterie restauratrice, endodontie, prothèses, fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

Vice-Doyen de la Faculté d'Odontologie de Nancy

Nous apprécions l'honneur que vous nous faites en acceptant la direction de notre travail.

Nous vous remercions pour votre soutien et vos précieux conseils durant toute l'élaboration de ce travail mais également lors de notre apprentissage clinique où votre pédagogie a été très précieuse.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre gratitude, de notre respect et de notre profonde et sincère affection.

À NOTRE DIRECTEUR,

Monsieur le Docteur **Pierre HIRTZ**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalier Universitaire

Sous- section : Dentisterie restauratrice, endodontie, prothèses, fonction-
dysfonction, imagerie, biomatériaux

Vous nous faites le grand honneur de présider notre thèse.

*Nous vous remercions du fond du cœur pour votre accompagnement sans faille
pendant la rédaction de cet ouvrage mais aussi durant toutes nos années d'études.*

*Nous avons été touchés par votre confiance et votre bienveillance à notre égard.
Nous nous souviendrons de la qualité de votre enseignement durant de nombreuses
années.*

*Veillez trouver dans ces mots l'expression de notre reconnaissance et de notre
profond respect tant pour l'enseignant que pour l'homme que vous êtes.*

À NOTRE JUGE,

Monsieur **Éric BERGER,**

Maître Artisan Prothésiste Dentaire

Formateur et conférencier international dans le domaine du CAD/CAM dentaire

Vous avez spontanément accepté notre invitation à siéger parmi le jury de cette thèse et c'est pour nous un immense honneur.

Veillez trouver ici nos remerciements pour votre accueil chaleureux au sein de votre laboratoire. Votre expertise et vos connaissances sur le sujet traité mais aussi votre gentillesse, votre disponibilité et votre patience nous ont été d'une aide inestimable pour mener ce travail à bien.

Veillez trouver ici le témoignage de notre plus grande estime et de nos remerciements les plus sincères.

Autres remerciements

À mes parents,

Merci de me donner tant d'amour depuis ma venue au monde, d'avoir toujours fait tout votre possible pour me rendre heureux. Vous avez toujours répondu présent lorsque j'avais besoin d'aide et m'avez toujours soutenu dans mes choix. Je vous en serai éternellement reconnaissant.

Maman, merci de m'avoir toujours donné un cadre exceptionnel qui m'a permis de m'épanouir dans mes études. Merci de m'avoir supporté et d'avoir su tirer le meilleur de moi, même dans les années les plus difficiles. Merci d'avoir consacré ta vie à ma réussite et à mon bonheur.

Papa, je suis fier de marcher dans tes pas et de bientôt prendre ta relève. J'espère être à la hauteur de l'excellent dentiste mais aussi et surtout de l'homme exceptionnel que tu es. Sache que tu as toujours été pour moi un modèle et que tu es ma plus grande admiration.

Je vous aime de tout mon cœur.

À Leyla,

Merci de partager ma vie au quotidien. Tu as été mon plus grand pilier pendant mes années d'études et ma plus grande aide pour la rédaction de ce travail. Merci pour ton soutien sans faille et ton amour. Les moments passés à tes côtés sont les plus beaux de mon existence. J'espère te rendre aussi fière que je le suis de toi. Je t'aime.

À JB, Pilou et Caro,

Vous êtes les meilleurs grands frères et grande sœur au monde. Je ne vous le dis pas assez souvent que je le voudrais mais je vous aime (même si en tant que petit dernier vous m'avez souvent torturé). Je suis fier de chacun d'entre vous et je veux qu'on reste soudés à jamais. Vous pourrez toujours compter sur moi en toutes circonstances.

À mes papis, pour tous les bons moments passés avec vous et tous les superbes souvenirs qu'on partage.

À mes mamies qui me manquent énormément. Je sais que vous veillez sur moi et j'espère vous rendre fières aujourd'hui. Ce travail est pour vous.

À Louise et Gabriel, mes petites belettes qui m'apportent beaucoup de sourires et de bonheur et **Hélène** ma super belle-sœur qui rayonne de bonne humeur. Merci de supporter mon frère et mon humour.

À tous les autres membres de ma famille, mes oncles et tantes, **Marie-Josée, Alain, Isabelle, Eric, Marie et mes cousins cousines, Louis-Henri, Marie-Anne, Claire-Lise, Aurélie, Charlotte, Romain, Anna, Alexandra et Morgane**. Les moments passés avec vous sont malheureusement devenus trop rares mais sont toujours exceptionnels.

À Nico, Léo et Aina,

Mes bros de toujours. Merci pour votre amitié sincère et infaillible depuis toutes ces années. Je partage déjà énormément de souvenirs avec vous et j'espère en partager davantage durant les années à venir. Vous comptez beaucoup pour moi.

À Hugo,

Merci d'être toujours présent pour moi et merci pour tous les bons moments passés à tes côtés. Sache que je te considère vraiment comme un frère et que je serai toujours là si tu as besoin de moi.

À Marion,

Domage que ma sœur t'ait intégrée à la famille, je suis maintenant obligé de te faire une mention spéciale dans mes remerciements de thèse.

Aux Bijoux,

Camille, Marie, Laure-Anne, Maxime, Célia, Romain, Paul, Juliette, Iris, Julie, Lison, Jea, Antoine, Lorraine, Michou, Jules. Merci pour toutes ces soirées, ces vacances et ces rigolades tous ensembles durant ces années de dentaire. Je garderai de supers souvenirs avec chacun d'entre vous !

À Michèle,

Pour m'avoir accueilli en stage et pour m'avoir toujours donné d'excellents conseils professionnels.

Au cabinet de Neuves-Maisons,

Audrey, Aurélien, Charline et Anne-Cé pour m'avoir donné une super première expérience professionnelle.

Au cabinet de Pont-à-Mousson,

Christian, Chantal, Danièle, Linda et Cécilia, pour m'avoir fait confiance et m'avoir déjà adopté au cabinet.

Mention spéciale à **Pauline.** Merci d'avoir accepté de figurer dans cette thèse et d'avoir supporté les longues séances de travail avec le sourire.

Merci à **TOUS** pour avoir rendu mes années d'études exceptionnelles et inoubliables !

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1. Critères fondamentaux d'analyse esthétique du sourire

- 1.1. **Macro esthétique : analyse extra-buccale du visage**
- 1.2. **Mini esthétique : analyse extra-buccale de la bouche**
- 1.3. **Micro esthétique : analyse intra-buccale des dents et des gencives**
- 1.4. **Première consultation en dentisterie esthétique**
 - 1.4.1. Anamnèse esthétique
 - 1.4.2. Demande esthétique du patient
 - 1.4.3. Plan de traitement

2. Analyse et conception numérique du sourire

2.1. Principe et historique

2.2. Méthode et protocole d'utilisation

- 2.2.1. Photographies numériques et prise de clichés
- 2.2.2. Traitement des images et mise en place des lignes de références
- 2.2.3. Calibration des photographies
- 2.2.4. Conception du sourire numérique en deux dimensions
- 2.2.5. Passage du numérique à une maquette en trois dimensions
- 2.2.6. Application clinique : le mock-up

2.3. Domaines d'application

- 2.3.1. Prothèse fixée
- 2.3.2. Implantologie
- 2.3.3. Odontologie conservatrice : collage de résine composite
- 2.3.4. Chirurgie gingivale
- 2.3.5. Orthodontie

2.4. Intérêts et avantages

- 2.4.1. Communication avec le patient et le prothésiste
- 2.4.2. Implication et participation du patient
- 2.4.3. Prédictibilité et acceptation du plan de traitement
- 2.4.4. Traitement conservateur
- 2.4.5. Interdisciplinarité
- 2.4.6. Contrôle et retour d'informations pendant le traitement
- 2.4.7. Compatibilité avec la CAO/CFAO et d'autres logiciels

2.5. Limites

- 2.5.1. Coût
- 2.5.2. Temps d'apprentissage
- 2.5.3. Standardisation du sourire
- 2.5.4. Réalisation de simulation difficile à reproduire cliniquement

3. Offre logiciel

3.1. Méthode de conception du sourire utilisant des logiciels non spécialisés

- 3.1.1. Digital Smile Design® (DSD)
- 3.1.2. Aesthetic Digital Smile Design® (ADSD)
- 3.1.3. Photoshop® Smile Design Technique
- 3.1.4. Virtual Esthetic Project (VEP)

3.2. Logiciels dédiés à la conception numérique du sourire

- 3.2.1. NemoSmile design® (2D) et NemoDSD® (3D)
- 3.2.2. CEREC Smile Design®
- 3.2.3. 3Shape Smile Design®
- 3.2.4. Digital Smile System®
- 3.2.5. GPS 3D Smile Design®
- 3.2.6. Smile Designer Pro®
- 3.2.7. Smiletron®
- 3.2.8. Romexis Smile Design®
- 3.2.9. G Design® et DSD Connect®
- 3.2.10. DSDApp®

4. Essais de différents logiciels de conception du sourire à travers un cas clinique

4.1. Présentation du cas clinique

- 4.1.1. Présentation de la patiente
- 4.1.2. Analyse clinique et esthétique
- 4.1.3. Présentation des différents protocoles mis en œuvre

4.2. Essai de la méthode du Digital Smile Design® avec le logiciel Keynote®

- 4.2.1. Documentation iconographique du Digital Smile Design®
- 4.2.2. Création du sourire numérique avec le Digital Smile Design®
- 4.2.3. Réalisation des wax-up
- 4.2.4. Réalisation du mock-up avec une clef de transfert en silicone
- 4.2.5. Conclusions et avis personnel

4.3. Essai du logiciel Smile Designer Pro®

- 4.3.1. Différentes étapes du protocole de conception numérique du sourire avec le Smile Designer Pro®
- 4.3.2. Conclusions et avis personnel

4.4. Essai du module CEREC Smile Design®

- 4.4.1. Différentes étapes du protocole du CEREC Smile Design®
- 4.4.2. Conclusions et avis personnel

4.5. Essai de la combinaison de deux logiciels : Smile Designer Pro® et Cerec Smile Design®

- 4.5.1. Différentes étapes du protocole combinant le Smile Designer Pro® et le Cerec Smile Design®
- 4.5.2. Usinage et essayage des facettes en résine servant de mock-up
- 4.5.3. Impression 3D de la conception numérique et fabrication d'une gouttière thermoformée
- 4.5.4. Conclusions et avis personnel

CONCLUSIONS

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Photographie du visage de face permettant l'analyse macro esthétique. (Source : document personnel)	24
Figure 2 : Photographie de profil permettant une partie de l'analyse mini esthétique et notamment le rapport naso-labial. (Source : document personnel).....	27
Figure 3 : Photographie de la bouche lors des quatre étapes du sourire permettant l'analyse de la mini esthétique. (Source : document personnel)	28
Figure 4 : Photographie du sourire de face prise avec des écarteurs permettant d'effectuer l'analyse micro esthétique. (Source : document personnel).....	31
Figure 5 : La ligne bipupillaire sert à aligner la photographie. La ligne médiane est également placée. Les deux sont ensuite reportées sur la vue intra buccale. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/)	40
Figure 6 : Habituellement, on utilise la mesure de la largeur entre les deux incisives centrales pour étalonner le logiciel. En effet, cette mesure est facilement repérable sur le patient et sur la photographie. Ici la mesure est réalisée sur le modèle d'étude. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	41
Figure 7 : Des cadres sont tracés avec des proportions idéales en terme de rapport largeur/longueur. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	43
Figure 8 : Les contours des dents sont tracés dans les cadres représentant les proportions idéales. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/)..	43
Figure 9 : Les mesures du sourire numérique peuvent être transmises au prothésiste pour la fabrication du wax-up (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	43
Figure 10 : En rose, la courbe gingivale (en haut) et la courbe papillaire (en bas) sont tracées. D'autres éléments peuvent être indiqués comme ici le grand axe des dents en orange ou la ligne des sommets incisifs en bleu. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	44
Figure 11 : Les lignes de référence et certaines mesures sont reportées sur le modèle en plâtre. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	45
Figure 12 : Le wax-up en cire est fabriqué par le prothésiste dans les mêmes proportions que le wax-up digital. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	45
Figure 13 : La clef en silicone issue du wax-up permet de créer le mock-up et de reporter le projet numérique en bouche. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	46
Figure 14 : Le mock-up prévisualise le résultat final. Une fois validée esthétiquement et fonctionnellement, la réhabilitation définitive peut commencer. (Source : http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/).....	47
Figure 15 : Schéma récapitulatif du protocole de conception numérique du sourire. (Source : document personnel).....	48
Figure 16 : Schéma du protocole de l'utilisation du sourire numérique pour la réalisation de facettes. (Source : document personnel)	50
Figure 17 : Combinaison du CBCT et du fichier STL issu du logiciel de conception du sourire permettant la planification implantaire (logiciel NemoDSD). (Source : Yassmin, 2016).....	52
Figure 18 : Schéma du protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un traitement implantaire. (Source : document personnel).....	53
Figure 19 : Exemple d'utilisation d'un guide de stratification issu d'un wax-up obtenu grâce à un sourire numérique (Source : https://styleitaliano.org/).	54

Figure 20 : Schéma du protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un collage de résine. (Source : document personnel).....	55
Figure 21 : Sourire numérique montrant un excédent de plusieurs millimètres de gencive (à gauche). Le Mock-up en place servira de guide pour la chirurgie gingivale (à droite). (Source : Trushkowsky, Arias et David, 2016)	57
Figure 22 : Photographie post opératoire après l'élongation coronaire et retrait du mock up. Des facettes seront ensuite réalisées. (Source : Trushkowsky, Arias et David, 2016).....	57
Figure 23 : Exemple de gouttière issue du sourire numérique servant de guide pour l'élongation coronaire. (Source : Coachman, 2017)	57
Figure 24 : Schéma du protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un traitement d'élongation coronaire. (Source : document personnel).....	58
Figure 25 : En vue occlusale, position idéale superposée à la situation initiale montrant la nécessité d'un traitement orthodontique avec des flèches indiquant les mouvements dentaires à réaliser. (Source : Finelle, 2017).....	59
Figure 26 : Logiciel DSD connect (à gauche) permettant d'imprimer en 3D des set-up orthodontiques (à droite) à partir du projet numérique. (Source : Finelle, 2017)	60
Figure 27 : Protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un traitement orthodontique par CAO/CFAO. (Source : document personnel).....	61
Figure 28 : Préparation avec une fraise à pénétration contrôlée à travers le mock-up issu du sourire numérique. (Source : https://styleitaliano.org/)	63
Figure 29 : Exemple d'utilisation du DSD® montrant les cadres de proportions dans lesquelles les dents sont dessinées ainsi que les règles numériques. (Source : Coachman et Calamita, 2014).....	70
Figure 30 : On distingue, en haut de la photographie, le système FATS servant à l'étalonnage. (Source : Bini, 2014).....	72
Figure 31 : Cartographie complète des plans macro, micro et mini esthétique avec le tracé de toutes les lignes de références. (Source :).....	72
Figure 32 : Utilisation de la distorsion de l'image dentaire numérique. (Source : Bini, 2014).....	74
Figure 33 : Les contours d'un sourire satisfaisant ont été tracés (à droite) puis isolés pour servir de calque (à gauche) pour la création du nouveau sourire. (Source : McLaren, 2013).....	75
Figure 34 : Le calque issu du sourire choisi est superposé sur la photo intra-buccale du patient. (Source : McLaren, 2013).....	76
Figure 35 : Utilisation de l'outil « Wrap » permettant à la dent initiale d'épouser les contours du calque. (Source : McLaren, 2013).....	76
Figure 36 : Explication du plan à respecter lors de la prise de photographies. (Source : Crescenzo, 2014).....	78
Figure 37 : Dessin du sourire réalisé par le VEP et tracé des différentes lignes de référence. (Source : Crescenzo, 2014).....	79
Figure 38 : Le Logiciel NemoDSD® permet une conception du sourire en 3 dimensions directement sur le modèle numérique issu de l'empreinte optique (Source : https://www.nemotec.com/en)	83
Figure 39 : La photographie va être projetée sur l'avatar en trois dimensions (à gauche) grâce au marquage de 16 points caractéristiques. (Source : Klim, 2015).....	84
Figure 40 : L'avatar, la photographie et le modèle numérique sont superposés sur la même image pour permettre la conception du sourire. On obtient alors une simulation du visage en trois dimensions. (Source : Klim, 2015).....	85

Figure 41 : Inclus dans le logiciel de CFAO, 3Shape Smile Design® permet une conception numérique du sourire en même temps que la phase de conception des restaurations. (Source : https://www.3shape.com:443/en).....	86
Figure 42 : Les lunettes spécifiques portées par la patiente permettent au logiciel un alignement et un étalonnage automatique des photographies grâce aux points remarquables présents sur la monture. (Source : http://www.digitalsmilesystem.com/en/).....	87
Figure 43 : La « règle M », tracée par le logiciel, guide le praticien pour l'élaboration du sourire numérique. (Source : https://www.elitesmileacademy.com/le-logiciel-dental-gps/presentation)	89
Figure 44 : L'interface d'utilisation du logiciel Smile Designer Pro® se rapproche beaucoup de celle de Photoshop® utilisée pour la méthode de l'ADSD mais en reprenant les étapes du DSD. (Source : https://www.smiledesignerpro.com/)....	90
Figure 45 : Le travail en amont est beaucoup plus important : le logiciel demande au praticien de placer de nombreux points de référence sur les différentes photographies. (Source : http://www.smiletron.com/fr/).....	92
Figure 46 : Smiletron® crée automatiquement un sourire aux proportions « idéales » calculées par un algorithme très complexe. (Source : http://www.smiletron.com/fr/).....	92
Figure 47 : Romexis Smile Design® calcule automatiquement les proportions dentaires idéales en fonction du nombre d'or. (Source : https://www.planmeca.com/fr/smiledesign/Conception-de-sourire-numerique/).94	94
Figure 48 : Sur cet exemple, les contours du sourire créés par DSD Connect sont importés dans le logiciel Cerec Chairside et permettent de guider la conception de la restauration. Le logo de DSD Connect est visible en haut à gauche car il reste ouvert en arrière-plan. (Source : http://hackdental.software/).....	95
Figure 49 : Conception du sourire automatisée par le logiciel G Design® qui place automatiquement les lignes de référence. (Source : http://hackdental.software/).....	95
Figure 50 : Un aperçu de l'interface d'utilisation de la DSDApp® sur Ipad. (Source : https://www.digitalsmiledesignapp.com).....	96
Figure 51 : Photo montrant le matériel utilisé pour le protocole iconographique du DSD (Softbox et fond blanc). (Source : document personnel).....	108
Figure 52 : Il est possible de prendre les photographies soit à l'aide d'un smartphone (à gauche) soit à l'aide d'un appareil photo numérique (à droite). (Source : document personnel).....	109
Figure 53 : Photo de face prise avec un iPhone (à gauche) et avec un appareil photo numérique (à droite). (Source : document personnel).....	110
Figure 54 : Zoom sur le sourire sur la photo prise avec un iPhone (à gauche) et avec un appareil photo numérique (à droite). (Source : document personnel).....	110
Figure 55 : Photo de face prise sans écarteur (à gauche) et avec écarteurs (à droite). (Source : document personnel).....	111
Figure 56 : Photo de profil au repos (à gauche) et pendant le sourire (à droite). (Source : document personnel)	112
Figure 57 : Photo à midi prise avec l'appareil photo numérique. (Source : document personnel)	113
Figure 58 : Photo occlusale prise en bouche et sur le modèle. (Source : document personnel)	113
Figure 59 : Captures d'écran issues de l'entretien avec la patiente permettant de visualiser des sourires plus naturels. (Source : document personnel).....	114

Figure 60 : Capture d'écran de la vidéo phonétique mettant en évidence les relations dento-labiales pendant la parole. (Source : document personnel).....	115
Figure 61 : Captures d'écran de la vidéo fonctionnelle montrant les mouvements de protrusion et de diduction. (Source : document personnel).....	115
Figure 62 : Capture d'écran de la vidéo occlusale permettant de visualiser la bouche dans son ensemble. (Source : document personnel).....	116
Figure 63 : Les premières diapositives du DSD regroupant toute l'iconographie et les documents complémentaires. (Source : document personnel).....	117
Figure 64 : Les différents outils utiles à la réalisation du DSD. (Source : document personnel).....	118
Figure 65 : Les cadres de proportions guidant la conception du nouveau sourire. (Source : document personnel).....	118
Figure 66 : Les quatre formes disponibles pour la réalisation de la simulation et les textures de dents qui leurs sont associées. (Source : Coachman, 2014).....	119
Figure 67 : Réglage des proportions de la photographie et placement des lignes de référence horizontale et verticale. (Source : document personnel).....	120
Figure 68 : Seuls le sourire et la croix formée par les lignes de référence sont conservés. Le reste du visage est masqué. (Source : document personnel)....	120
Figure 69 : Pour calibrer le logiciel, la taille de la réglette numérique est adaptée pour obtenir la largeur des deux incisives centrales mesurée cliniquement. Ici 16mm. (Source : document personnel).....	121
Figure 70 : Les deux images sont superposées grâce aux lignes de transfert et en jouant sur la transparence des clichés. (Source : document personnel).....	122
Figure 71 : Les lignes, les cadres et l'échelle de proportion permettent de former des cadres dans lesquels les contours dentaires viendront s'inscrire. (Source : document personnel).....	123
Figure 72 : Echelle de proportion utilisée sur la photo occlusale du modèle d'étude. (Source : document personnel).....	124
Figure 73 : Echelle de proportion utilisée sur la photo à midi de la patiente. (Source : document personnel).....	124
Figure 74 : Les contours de la conception sont placés dans les cadres préalablement construits. (Source : document personnel).....	125
Figure 75 : Visualisation des contours du nouveau sourire numérique. (Source : document personnel).....	125
Figure 76 : Comparaison entre les contours du nouveau sourire (en blanc) et du sourire actuel (en rouge). (Source : document personnel).....	126
Figure 77 : Les mesures avec les règles numériques calibrées (en haut) peuvent être reportées en valeurs numériques à l'écran (en bas). (Source : document personnel).....	126
Figure 78 : Visualisation de la simulation du nouveau sourire inscrite dans les contours réalisés précédemment. (Source : document personnel).....	127
Figure 79 : Simulation du sourire numérique après avoir fait réapparaître le visage de la patiente. (Source : document personnel).....	128
Figure 80 : Diapositive montrant les photos avant/après la simulation pour pouvoir communiquer avec la patiente. (Source : document personnel).....	128
Figure 81 : Comparaison des 4 formes possibles : triangulaire (en haut à gauche), rectangulaire (en haut à droite), carré (en bas à gauche), ovalaire (en bas à droite). (Source : document personnel).....	129
Figure 82 : Comparaison du ratio de 80% (à gauche) avec celui de 85% (à droite). (Source : document personnel).....	130

Figure 83 : Comparaison de la version sans chirurgie gingivale (à gauche) et avec (à droite). (Source : document personnel)	131
Figure 84 : photo de la conception finale retenue pour réaliser le wax-up. (Source : document personnel)	131
Figure 85 : Photo comparatif avant/après simulation avec la conception choisie (Source : document personnel)	132
Figure 86 : La ligne reliant les nouveaux zéniths gingivaux est tracée et les deux incisives centrales sont construites en fonction des mesures du DSD. (Source : document personnel)	132
Figure 87 : Réalisation des wax-up jusqu'aux deuxième prémolaires en fonction des mesures numériques. (Source : document personnel)	133
Figure 88 : Modèle d'étude montrant les wax-up issus du sourire numérique terminé. (Source : document personnel)	133
Figure 89 : La clef de transfert en silicone est fabriquée sur le wax-up du nouveau sourire. (Source : document personnel)	134
Figure 90 : La clef est découpée en suivant le collet des dents en cire. (Source : document personnel)	134
Figure 91 : La résine est injectée dans la clef qui est ensuite placée en bouche (Source : document personnel)	135
Figure 92 : Les excédents sont retirés à l'aide d'une curette quand la résine devient plastique. (Source : document personnel)	135
Figure 93 : Une fois la clef retirée, le mock-up reste en bouche. (Source : document personnel)	136
Figure 94 : Le mock-up ressemble grandement à la simulation numérique même si la reproduction n'est pas exacte. (Source : document personnel)	136
Figure 95 : Comparatif des photos initiale / de la simulation / du mock-up en place (Source : document personnel)	138
Figure 96 : Importation des photos dans le logiciel Smile Designer Pro® (Source : document personnel)	139
Figure 97 : Le logiciel centre automatiquement la photo et place les lignes de référence. (Source : document personnel)	140
Figure 98 : Après avoir indiqué deux points, les images sont superposées automatiquement par le logiciel. (Source : document personnel)	141
Figure 99 : La ligne du sourire et l'échelle de proportion sont éditées par le logiciel mais leur placement nécessite un ajustement manuel. (Source : document personnel)	141
Figure 100 : Aperçu des différentes formes disponibles dans le logiciel (Source : document personnel)	142
Figure 101 : Les contours dentaires sont placés et retouchés à l'aide des nombreux outils disponibles. (Source : document personnel)	143
Figure 102 : La calibration de l'outil de mesure du logiciel est réalisée en entrant la largeur des deux incisives centrales. (Source : document personnel)	143
Figure 103 : Toutes les mesures nécessaires à la réalisation du wax-up sont prises. (Source : document personnel)	144
Figure 104 : Les points formant le contour des lèvres sont placés successivement. (Source : document personnel)	144
Figure 105 : Pour la simulation, il est possible de choisir la texture de dent proposée par défaut ou la texture de dent de la patiente. (Source : document personnel)	145

Figure 106 : Liste des outils disponibles pour réaliser la simulation. (Source : document personnel).....	145
Figure 107 : Simulation réalisée à l'aide du logiciel Smile Designer Pro®. (Source : document personnel)	146
Figure 108 : L'outil « layers » permet de faire apparaître plus ou moins d'informations à l'écran ou de les masquer à tout moment. (Source : document personnel)...	147
Figure 109 : Il est possible de placer les échelles de proportion sur les photos occlusale et à midi. (Source : document personnel).....	148
Figure 110 : Exportation finale avec les photos avant et après simulation. (Source : document personnel)	149
Figure 111 : Exportation finale permettant de communiquer les mesures au prothésiste. (Source : document personnel).....	149
Figure 112 : Enregistrement de l'empreinte optique de la patiente. (Source : document personnel).....	152
Figure 113 : Empreinte optique mandibulaire en cours d'acquisition. (Source : document personnel).....	152
Figure 114 : Import de l'empreinte optique au format STL. (Source : document personnel).....	153
Figure 115 : Photos des modèles numériques avant emboilage (en haut) et après (en bas). (Source : document personnel)	154
Figure 116 : Les lignes de préparation (en bleu) sont tracées pour chaque dent. (Source : document personnel)	155
Figure 117 : Calcul de la conception numérique en cours. (Source : document personnel).....	155
Figure 118 : Les 16 points demandés par le logiciel sont placés un à un sur la photo de la patiente. (Source : document personnel).....	156
Figure 119 : La distance entre les canthi-lathéraux est rentrée dans le logiciel, ici 86mm. (Source : document personnel).....	157
Figure 120 : Placement du modèle numérique dans l'avatar en trois dimensions en vue de face. (Source : document personnel)	158
Figure 121 : Placement du modèle numérique dans l'avatar en vue de profil. (Source : document personnel)	159
Figure 122 : Visualisation de la conception numérique au sein de l'avatar 3D de la patiente. (Source : document personnel).....	159
Figure 123 : Effet appliqué à l'état de surface permettant de faire ressortir les stries de croissance. (Source : document personnel)	160
Figure 124 : Conception en deux dimensions réalisée avec Smile Designer Pro®. (Source : document personnel)	163
Figure 125 : Superposition du calque de la conception 2D sur le modèle numérique en 3D. (Source : document personnel).....	164
Figure 126 : Elongation coronaire réalisée numériquement sur le modèle en suivant le calque de la conception. (Source : document personnel).....	164
Figure 127 : Les lignes de préparation sont tracées en suivant le calque au niveau cervical. (Source : document personnel).....	165
Figure 128 : Réalisation du wax-up numérique en faisant rentrer les volumes un à un dans le calque de la conception en deux dimensions. (Source : document personnel).....	166
Figure 129 : L'outil de grille permet de vérifier la parfaite symétrie de la conception 3D. (Source : document personnel).....	167

Figure 130 : Caractérisation de l'état de surface en ajoutant un effet de texture. (Source : document personnel)	167
Figure 131 : Visualisation de la conception dans l'avatar 3D de la patiente. (Source : document personnel)	168
Figure 132 : Visualisation de la conception dans l'avatar 3D en vue de profil. (Source : document personnel)	168
Figure 133 : Les facettes sont prêtes à être usinées. (Source : document personnel)	169
Figure 134 : L'emplacement de chaque facette est choisi numériquement dans le disque et les queues de préhension sont placées. (Source : document personnel)	169
Figure 135 : Le disque est placé dans l'usineuse et l'unité de fraisage travaille pendant une heure. (Source : document personnel).....	170
Figure 136 : A la fin de l'usinage, les facettes sont retenues dans le disque par les queues de préhension. (Source : document personnel).....	170
Figure 137 : Les facettes sont décrochées du disque puis polies. Elles peuvent être essayées en bouche. (Source : document personnel).....	170
Figure 138 : Les facettes sont essayées en bouche à l'aide d'une pâte try-in. (Source : document personnel)	171
Figure 139 : Le mock-up permet une validation esthétique et fonctionnelle du projet. (Source : document personnel)	171
Figure 140 : La conception finale est exportée au format STL pour l'impression 3D. (Source : document personnel)	172
Figure 141 : Certains logiciels permettent la visualisation de la suite de triangle propre au format STL. (Source : document personnel).....	172
Figure 142 : Modèle en cours d'impression 3D. (Source : document personnel)....	173
Figure 143 : Modèle de la conception finale imprimé en 3D. (Source : document personnel).....	173
Figure 144 : Gouttière thermoformée fabriquée sur le modèle imprimé en 3D. (Source : document personnel)	174
Figure 145 : La gouttière est essayée en bouche et on note une excellente rétention sur l'arcade de la patiente. (Source : document personnel)	175
Figure 146 : La gouttière peut servir de guide lors de la chirurgie gingivale. (Source : document personnel)	175
Figure 147 : Le logiciel InLab permet la conception numérique de la gouttière. (Source : document personnel)	176
Figure 148 : Visualisation STL de la gouttière précédemment conçue. (Source : document personnel).....	176

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Rappels des éléments composant la macro esthétique. (Source : document personnel).....	25
<u>Tableau 2</u> : Rappels des éléments composant la mini esthétique. (Source : document personnel).....	29
<u>Tableau 3</u> : Rappels des éléments composant la micro esthétique. (Source : document personnel).....	32
<u>Tableau 4</u> : Tableau comparatif des différentes méthodes de conception du sourire utilisant des logiciels non spécialisés (Source : document personnel).....	81
<u>Tableau 5</u> : Tableau comparatif des différents logiciels spécialisés dans la conception du sourire (Source : document personnel).....	98
<u>Tableau 6</u> : Avantages et inconvénients de la méthode DSD. (Source : document personnel).....	138
<u>Tableau 7</u> : Avantages et inconvénients du logiciel Smile Designer Pro®. (Source : document personnel).....	151
<u>Tableau 8</u> : Avantages et inconvénients du module CEREC Smile Design®. (Source : document personnel).....	162
<u>Tableau 9</u> : Avantages et inconvénients de la méthode couplant les logiciels Smile Designer Pro® et Cerec Smile Design®. (Source : document personnel).....	178

INTRODUCTION

Un individu sourit pour la première fois entre ses 30^{ème} et 45^{ème} jours. Le sourire est l'un des premiers moyens de communication non-verbale dont chacun est doté. Révélateur de notre personnalité, il permet à chacun de s'exprimer et ainsi de favoriser son insertion sociale. *A contrario*, il peut constituer pour certains un frein à leur intégration dans la société, dès lors qu'il n'entre pas dans la norme établie, devenant ainsi un complexe. Une personne se caractérise ainsi par l'usage qu'il en fait. Le sourire s'illustre comme étant alors le premier reflet de la personnalité de chaque individu.

Durant ces dernières années, de nombreux auteurs se sont penchés sur les critères de beauté du sourire et parallèlement l'odontologie a particulièrement évolué dans ce domaine. Les traitements esthétiques et biomimétiques viennent maintenant compléter une offre thérapeutique qui était jusqu'à présent axée sur la prévention et les traitements conservateurs. Ce phénomène fait suite à une demande de plus en plus conséquente impulsée par une société de plus en plus encline à accorder une importance grandissante à l'image et au paraître. Les sourires parfaitement symétriques et d'une blancheur éclatante sont devenus les codes de beauté auxquels chacun tend à prétendre. Les médias, internet, les réseaux sociaux, et le cinéma en sont aujourd'hui les principaux promoteurs.

En parallèle, l'essor du numérique pousse notre discipline à se moderniser et de nouveaux outils de travail sont créés chaque jour. Des logiciels et des applications sont développés pour chaque domaine de notre profession. Pour autant, ils ne semblent pas tous représenter une (r)évolution à proprement parler et nous n'avons actuellement, pour la plupart d'entre eux, pas suffisamment de recul pour juger de leur efficacité.

C'est au carrefour de ces deux phénomènes qu'ont vu le jour les nouvelles techniques de conception de sourire. Ils répondent ainsi à la demande esthétique grandissante tout en utilisant l'outil numérique comme support. Dès lors, quelle plus-value apportent les logiciels de conception numérique du sourire au traitement

esthétique traditionnel ? Comment les praticiens peuvent-ils s'approprier aujourd'hui ce nouvel outil ?

Dans une première partie, nous effectuerons un rappel succinct sur les données actuelles de l'odontologie esthétique. Ces dernières nous ont permis de créer une fiche analytique du sourire adaptée à l'utilisation de logiciels de conception numérique.

La deuxième partie nous permettra de définir le concept de ces nouveaux logiciels. Après avoir décrit les différentes applications cliniques qui en découlent, nous essayerons de dégager leurs avantages mais aussi leurs limites dans le cadre d'un traitement esthétique.

Dans la troisième partie, nous étudierons l'offre logicielle et les différentes méthodes en discernant ceux qui ne sont pas spécialisés dans la conception numérique du sourire de ceux qui le sont.

Enfin, dans une quatrième partie, nous expérimenterons trois logiciels à travers un cas clinique, en allant de l'analyse esthétique du sourire jusqu'à la phase de masque cosmétique. Cela nous permettra de visualiser la conception numérique cliniquement et d'entrevoir la restauration finale.

Partie 1 : Critères fondamentaux d'analyse esthétique du sourire

- 1. Macro esthétique : analyse extra-buccale du visage**
- 2. Mini esthétique : analyse extra-buccale de la bouche**
- 3. Micro esthétique : analyse intra-buccale des dents et des gencives**
- 4. Première consultation en dentisterie esthétique**

1. Critères fondamentaux d'analyse esthétique du sourire

Pour décrire l'analyse du sourire, nous avons choisi de partir d'une vue éloignée de ce dernier puis d'effectuer un zoom progressif. Nous commencerons ainsi par décrire le sourire dans le contexte global du visage (macro esthétique). Après avoir effectué un premier grossissement, nous étudierons les rapports entre la bouche, le nez et le menton (mini esthétique). Enfin, nous effectuerons une mise au point intra buccale afin de décrire la composante dentaire et parodontale (micro esthétique).

1.1. Macro esthétique : analyse extra-buccale du visage

La macro esthétique est l'analyse et l'étude des relations entre le sourire et le visage en termes de proportions, positions et harmonie.

Il s'agit donc de contextualiser le sourire avec les éléments faciaux qui l'entourent grâce à des outils tels que les lignes de référence horizontales et verticales. La taille des différents étages faciaux est également un critère important de la macro-esthétique, notamment celle de l'étage inférieur que nous pouvons faire varier dans notre pratique en modifiant la dimension verticale d'occlusion. Un autre facteur essentiel est l'équilibre entre les deux éléments qui incarnent l'aspect morpho-psychologique du visage : le regard et le sourire.

La photographie qui suit cette description permet de mieux illustrer ces différentes caractéristiques. Tous les éléments évoqués précédemment sont tracés puis légendés sur ce cliché de face. Par ailleurs, des rappels sur ces différentes notions sont également exposés à travers un tableau qui reprend dans trois colonnes le nom de chaque élément, leur description et leur application clinique.

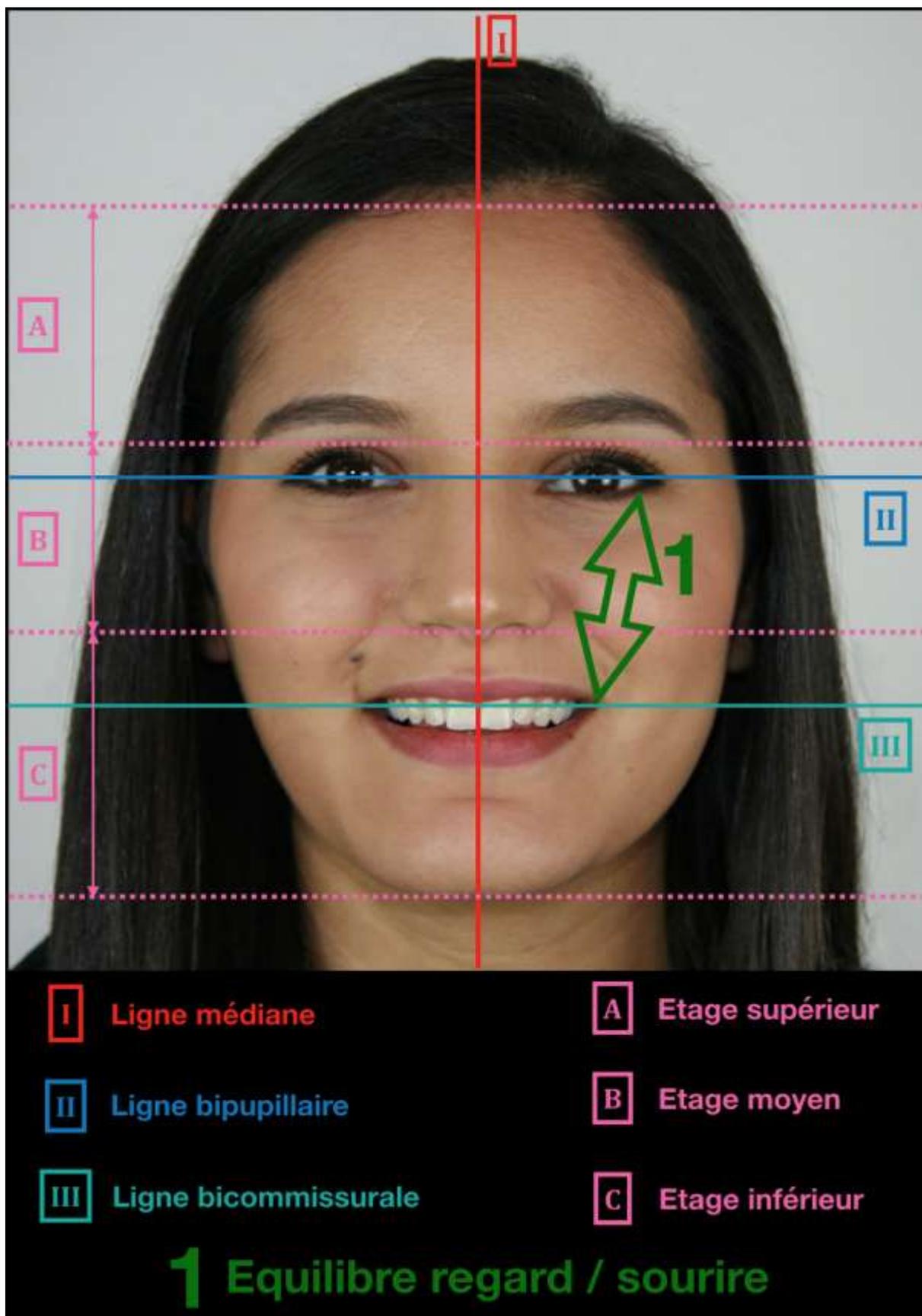


Figure 1 : Photographie du visage de face permettant l'analyse macro esthétique.
 (Source : document personnel)

Tableau 1 : Rappels des éléments composant la macro esthétique.
(Source : document personnel)

Les lignes de référence (13)		
<p>La ligne médiane</p> 	<p><u>Ligne de référence verticale.</u> → Formée en reliant la glabelle, le bout du nez, le philtrum et la pointe du menton Elle divise la face par son milieu.</p>	<p>Doit être perpendiculaire à la ligne bipupillaire et la ligne bicommissurale. Si le nez ou le menton sont trop éloignés de cette ligne, on se réfère au philtrum. (12)</p>
<p>La ligne bipupillaire</p> 	<p><u>Ligne de référence horizontale.</u> → Passe par les pupilles droite et gauche du patient. Ligne de référence pour l'orientation du plan occlusal et du plan incisif.</p>	<p>Si les yeux ne sont pas au même niveau, on se réfère à l'horizon.</p>
<p>La ligne bicommissurale</p> 	<p><u>Ligne de référence horizontale.</u> → Relie les deux commissures labiales.</p>	<p>Doit être le plus parallèle possible à la ligne bipupillaire.</p>
Les étages faciaux (6) (89)		
<p>L'étage supérieur</p> 	<p>De la racine du cheveu à la ligne biophryaque</p>	<p>L'étage de la vie intellectuelle</p>
<p>L'étage moyen</p> 	<p>De la ligne biophryaque à la ligne interaltes</p>	<p>L'étage de la vie sociale.</p>
<p>L'étage inférieur</p> 	<p>De la ligne interaltes à la ligne sous-mentale</p>	<p>L'étage de l'activité instinctive et physique. Seul étage modifiable en faisant varier la DVO. (26)</p>
1 L'équilibre regard/sourire (71)		
<p>Le regard</p>	<p>Élément le plus important du visage.</p>	<p>Non modifiable donc sert de référence au traitement. Il peut être dominant ou récessif par rapport au sourire</p>
<p>Le sourire</p>	<p>Rôle important dans la communication non verbale des différents sentiments et émotions</p>	<p>Modifiable. Le déséquilibre ne doit pas être trop important entre les deux (par exemple des yeux sombres et des dents très claires).</p>

1.2. **Mini esthétique : analyse extra-buccale de la bouche**

La mini esthétique permet d'analyser la bouche et son environnement proche. Il s'agit donc ici d'analyser les lèvres dans leur rapport avec le nez et le menton mais aussi avec la composante dentaire.

Une photographie de profil légendée nous permet de tracer l'angle naso-labial et le plan esthétique de Ricketts qui représentent deux éléments indispensables à l'étude du rapport entre la bouche et le nez.

Quatre photographies légendées, associées à chaque étape de la dynamique du sourire, nous donnent la possibilité de décrire d'autres éléments de la mini esthétique comme la largeur du sourire, la forme des lèvres ou la présence de corridors labiaux.

A l'image de la partie précédente, un tableau, faisant suite à ces clichés, regroupe tous les rappels des éléments composant la mini esthétique à travers une description et une application clinique.

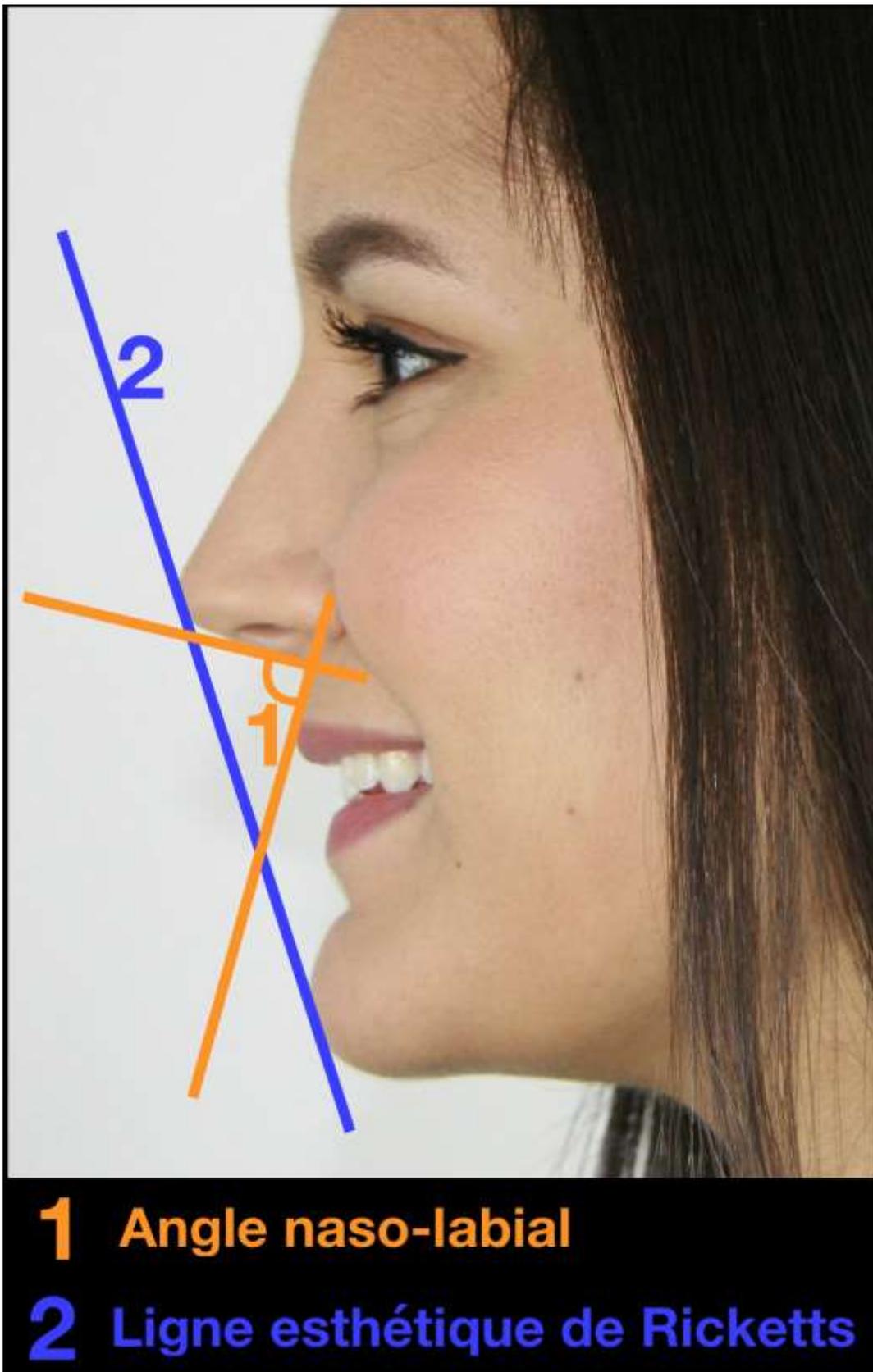


Figure 2 : Photographie de profil permettant une partie de l'analyse mini esthétique et notamment le rapport naso-labial. (Source : document personnel)

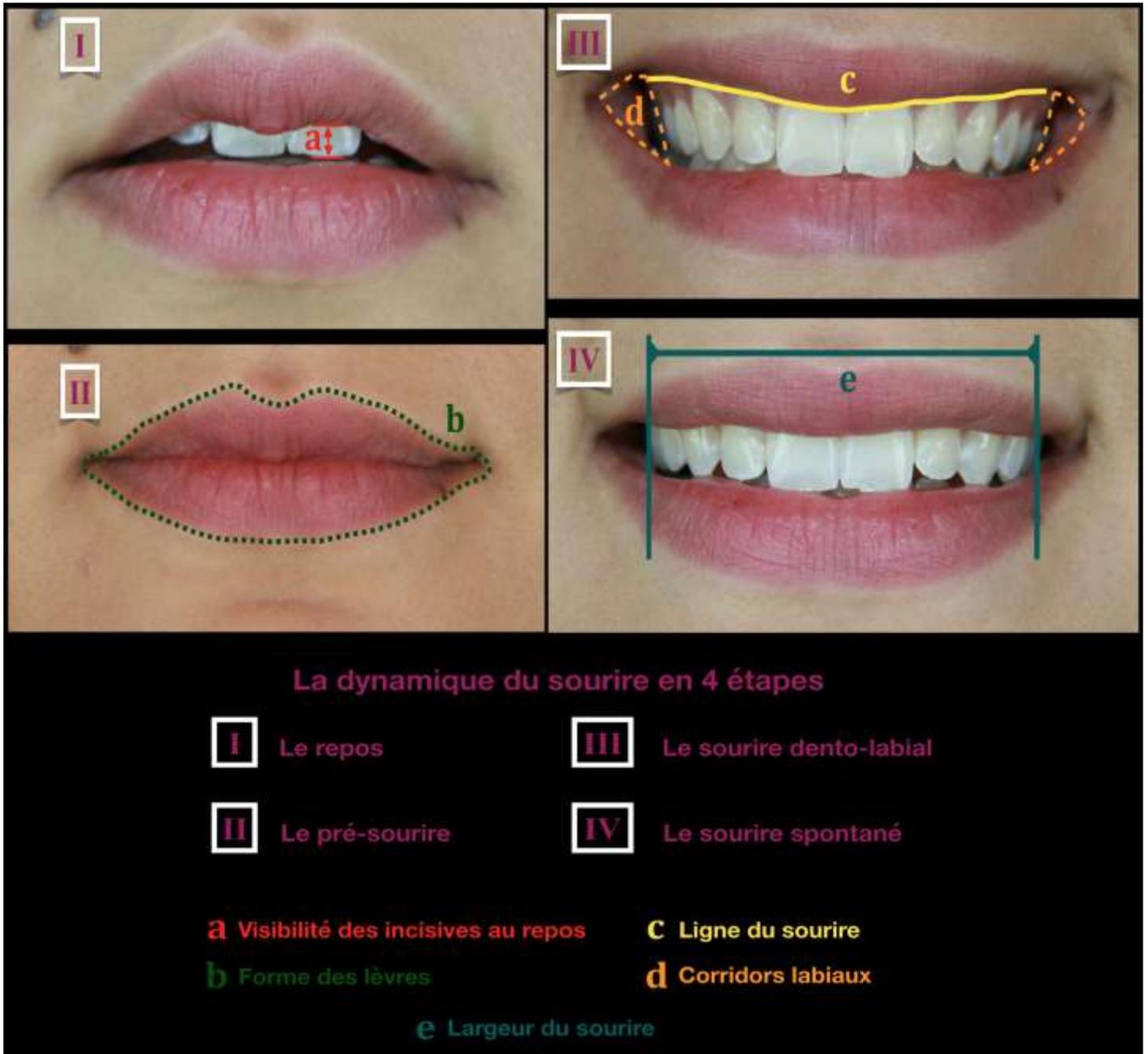


Figure 3 : Photographie de la bouche lors des quatre étapes du sourire permettant l'analyse de la mini esthétique. (Source : document personnel)

<p>Angle naso-labial</p> <p>1</p>	<p>Formé par la section de la tangente à la base du nez avec la tangente au bord externe de la lèvre supérieure.</p> <p>Varie en fonction de la position et la forme du nez et de l'épaisseur des lèvres.</p>	<p>Varient de 90 à 100° pour les hommes et de 100 à 120° pour les femmes. (71)</p>
<p>Profil naso-mentonnier : plan esthétique de Ricketts</p> <p>2</p>	<p>Relie la pointe du nez et le pogonion, également appelé ligne E.</p> <p>Un recul de 3mm de l'incisive supérieure entraîne postérieurement la lèvre supérieure de 1mm. Un recul de 1mm de l'incisive supérieure, entraîne la lèvre inférieure de 1mm postérieurement.</p>	<p>La lèvre supérieure et la lèvre inférieure doivent être respectivement en retrait de 4mm et 2mm par rapport à ce plan.</p> <p>Lèvres trop reculées : profil naso mentonnier concave → vieillit le visage</p> <p>Trop avancées : convexe → impression de jeunesse (71)</p>
<p>La forme des lèvres</p> <p>b</p>	<p>La posture des lèvres varie avec le volume ou l'emplacement des dents maxillaires et notamment des incisives.</p>	<p>On distingue trois formes labiales : les lèvres fines, moyennes ou épaisses. (36)</p>
<p>La ligne du sourire</p> <p>c</p>	<p>Ligne imaginaire qui suit le rebord inférieur de la lèvre supérieure étirée lors du sourire.</p>	<p>Elle peut être basse (exposition de moins de 75% des dents), moyenne (75 à 100% des dents visibles + papilles) ou haute (dents + bande de gencive). (54)</p>
<p>Corridors labiaux</p> <p>d</p>	<p>Zones sombres visibles dans des conditions normales entre les dents et les commissures labiales lorsque le patient sourit. Également appelé espace négatif.</p>	<p>Ils peuvent être normaux, larges ou absents. (53)</p>
<p>Largeur du sourire</p> <p>e</p>	<p>Correspond aux nombres de dents maxillaires visibles lorsque le patient sourit.</p>	<p>Il peut être étroit (6 à 8 dents), intermédiaire (8 à 10 dents) ou large (12 dents ou plus). (36)</p>
Mouvement des lèvres et dynamique du sourire		
<p>La position de repos</p> <p>I</p>	<p>Aucune expression, les muscles faciaux sont relâchés.</p>	<p>Les lèvres au repos servent à déterminer la position du sommet des incisives maxillaires(31) : à 30 ans : 3 à 3,5mm des incisives centrales maxillaires sont visibles, à 50 ans : 1-1,5mm, à 70 ans : 0 à 0,5mm.</p> <p>a</p>
<p>Le présourire</p> <p>II</p>	<p>Ecartement des commissures et élargissement horizontal de la fente buccale accompagné de l'apparition du sillon naso labial.</p>	<p>Les lèvres se resserrent et les dents ne sont plus visibles.</p>
<p>Le sourire dento-labial</p> <p>III</p>	<p>Sourire crispé, peu naturel et reproductible.</p>	<p>Sourire que l'on fait lors d'une photographie.</p>
<p>Le sourire spontané</p> <p>IV</p>	<p>Précède le rire, reproductible.</p>	<p>Traduit une expression de joie et de bonne humeur.</p>

Tableau 2 : Rappels des éléments composant la mini esthétique.
(Source : document personnel)

1.3. **Micro esthétique : analyse intra-buccale des dents et des gencives**

La micro esthétique est l'étude de tous les critères qui caractérisent la dent et son environnement proche à savoir la gencive. Elle définit donc la composante dentaire par la forme de la dent, sa position, sa couleur, son anatomie. Elle décrit aussi la composante parodontale et notamment la gencive qui est indissociable de la dent lorsqu'on parle du sourire.

Une photographie de la bouche prise à l'aide d'écarteurs photo permet de bien mettre en évidence tous les éléments des composantes dentaire et parodontale. Des lignes et des dessins ont été tracés sur la même photographie qui a été dupliquée. Cela permet d'espacer les différentes informations ce qui facilite la compréhension. Les éléments ont tous été légendés sous la photographie.

Comme pour les autres parties, un tableau récapitulatif décrit ensuite tous les éléments de la micro esthétique en reprenant le même code couleur que la légende de la photographie. Le nom des différentes composantes figure dans la première colonne. La deuxième colonne contient la description. Enfin les variations cliniques sont décrites dans la troisième colonne du tableau.

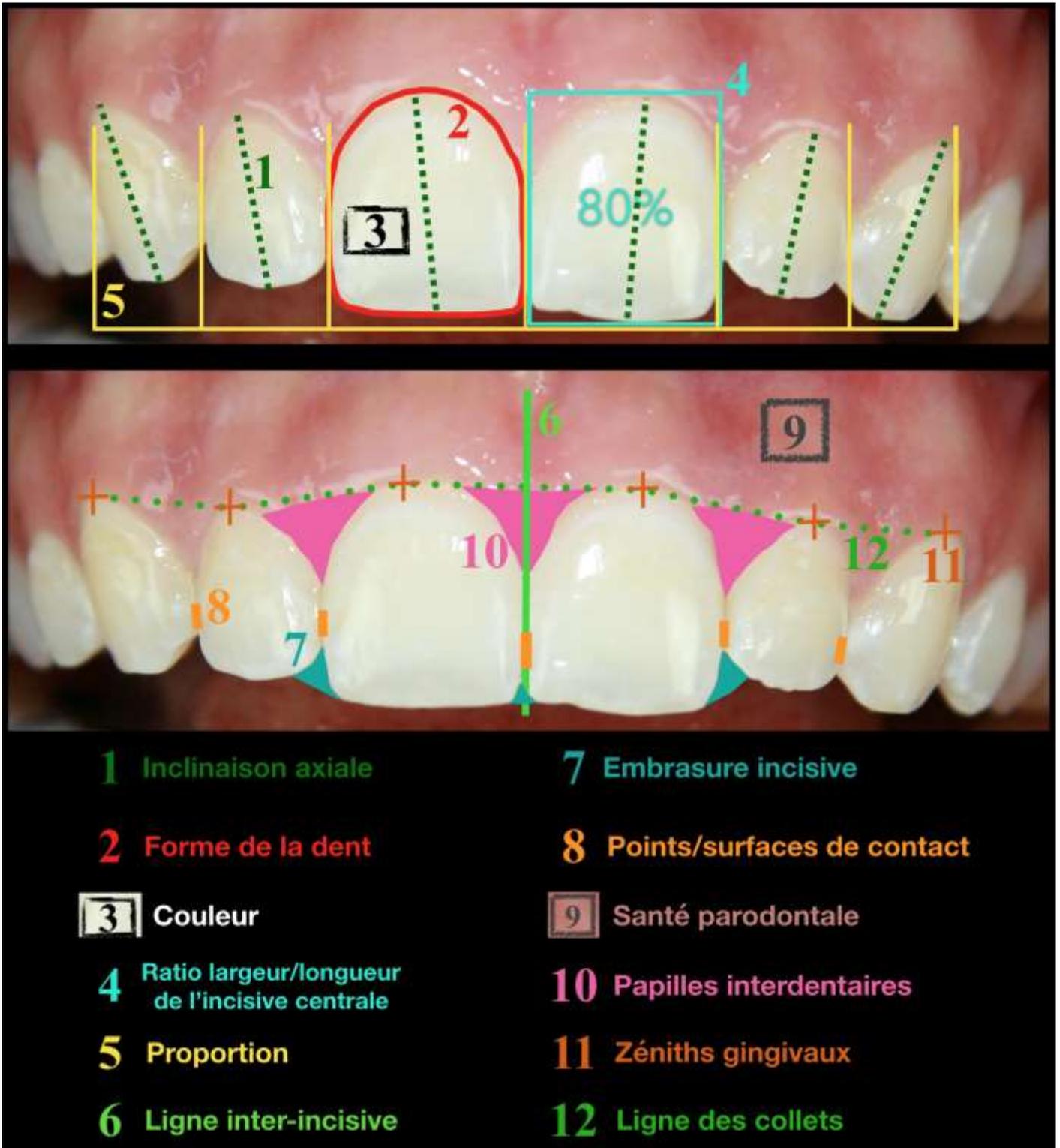


Figure 4 : Photographie du sourire de face prise avec des écarteurs permettant d'effectuer l'analyse micro esthétique. (Source : document personnel)

Composantes dentaires		
Inclinaison axiale 1	Il s'agit de la comparaison de l'axe des dents maxillaires avec l'axe de la ligne médiane.	Il y a une augmentation naturelle et progressive de l'inclinaison mésiale de chaque dent antérieure, de l'incisive centrale vers la canine. (82)
Forme de la dent 2	Il existe 4 formes dentaires : ovale, triangulaire, rectangulaire et carré. (103)	Ovale : caractère timide, réservé et sensible. Souvent attribué aux femmes. Triangulaire : dynamique, sanguin et extravertie. Rectangulaire : fort, déterminé, entreprenant. Carré : calme, discret, flegmatique.
Couleur 3	Composée de la luminosité, la saturation et la teinte de la lumière réfléchie d'un objet. (3)	D'autres paramètres rentrent en compte : la transparence, la translucidité, l'opalescence.
Ratio longueur/largeur de l'incisive centrale 4	Le praticien doit mesurer la longueur et la largeur de l'incisive centrale pour calculer ce ratio.	Le ratio doit être compris entre 75 et 85% (idéalement 80%). (39)
Proportion 5	Étudiée par Levin en 1978. Selon lui, en vue frontale, il existe une proportion de dents vues en perspective. C'est le nombre d'or : la largeur de l'incisive latérale visible représente 62% de la largeur de l'incisive centrale. La largeur de la canine représente 62% de la largeur de l'incisive latérale. (46)	Le nombre d'or est une moyenne et doit être utilisé avec prudence. Il n'est pas applicable à toutes les situations. (33)
Ligne inter-incisive 6	La ligne inter-incisive doit coïncider avec la ligne médiane.	Les divergences médianes allant jusqu'à 4 mm ne seront généralement pas perçues comme inesthétiques. (103)
Embrasure incisive 7	Espace ouvert situé entre les surfaces proximales des bords incisifs à partir des points de contact.	La taille des embrasures incisives devrait augmenter de façon symétrique en s'éloignant de la ligne médiane. (80)
Points/surface de contact 8	Zone dans laquelle deux dents adjacentes sont en contact.	Le point de contact doit être de plus en plus apical en allant des incisives centrales vers les canines. (6)
Composantes parodontales		
Santé parodontale 9	Il est d'une importance primordiale que les tissus gingivaux soient dans un bon état de santé. (83)	La gencive saine est habituellement de couleur rose pâle, piqueté (en peau d'orange), ferme et mate.
Papilles interdentaires 10	Extension de la gencive libre marginale qui occupe l'espace compris entre les surfaces proximales de deux dents contiguës.	Si la papille est absente, l'obscurité de la cavité buccale sera visible : on parle de triangle noir. (81)
Zéniths gingivaux 11	Point le plus apical du contour gingival d'une dent.	Idéalement, le zénith serait situé légèrement en distale par rapport au milieu de la face vestibulaire de la dent. Ce décalage est de plus en plus marqué de la canine (proche de zéro) jusqu'à l'incisive centrale (environ 1mm). (74)
Ligne des collets 12	Il s'agit de la ligne joignant les tangentes des zéniths gingivaux des incisives centrales, latérales et des canines. (30)	Les zéniths gingivaux des canines et des incisives centrales doivent être au même niveau et 1mm au dessus de ceux des incisives latérales donnant une ligne gingivale en forme de W.

Tableau 3 : Rappels des éléments composant la micro esthétique.
(Source : document personnel)

1.4. Première consultation en dentisterie esthétique

Au préalable de toute thérapeutique à visée esthétique, il est nécessaire d'analyser la situation de départ du patient et de bien cerner ses attentes avant d'établir un plan de traitement.

1.4.1. Anamnèse esthétique

L'anamnèse consiste à regrouper de façon méthodique toutes les informations esthétiques que l'on peut recueillir chez le patient. L'outil le plus utilisé est une fiche récapitulative permettant d'évaluer progressivement l'esthétique et la fonction ce qui permet d'éviter les erreurs de diagnostic et de communication. Plusieurs auteurs comme Goldstein, Touati et Miara (87), Levin, et plus récemment Paris et Faucher (71) ont d'ailleurs proposé un certain nombre de fiches d'analyse esthétique.

Une fiche d'analyse esthétique est proposée à la fin de ce travail (cf. Annexe 1). Appelée « carte d'identité du sourire », elle récapitule tous les éléments cités dans les tableaux précédents en effectuant un « zoom » au fur et à mesure de l'analyse. Dans un premier temps on s'intéresse à la macro esthétique avec l'analyse du visage. Puis dans un second temps, à la mini esthétique en étudiant les lèvres. Enfin dans un troisième temps, on note les éléments décrivant les dents et le parodonte ce qui constitue la mini esthétique.

Cette fiche nécessite la réalisation de quatre photographies numériques du patient :

- Une photo de face du visage avec un sourire,
- Une photo de profil du visage,
- Deux clichés de face du sourire (l'une prise sans écarteur photo et l'autre avec).

Des tracés sont réalisés sur les clichés : soit manuellement après les avoir imprimés, soit à l'aide d'un logiciel tel que Powerpoint® ou Keynote®. Des mesures sur le patient doivent également être prises à l'aide d'un réglet ou d'un calibre à coulisse. En suivant les différentes étapes, le praticien réalise une analyse complète du sourire ce qui lui permet de mieux appréhender la suite du traitement. Cela améliore

également la communication avec le patient qui comprendra mieux les défauts actuels de son sourire.

Les photos pourront être utilisées par la suite pour réaliser la conception numérique du sourire décrite dans la deuxième partie de ce travail. On peut joindre à cette fiche des modèles d'études éventuels ou des empreintes optiques si les fiches sont complétées et conservées numériquement. Ceci permettra au praticien de créer un véritable dossier esthétique du patient qui constituera de surcroît un document médico-légal fiable.

1.4.2. Demande esthétique du patient

Aujourd'hui les demandes de traitements esthétiques intéressent aussi bien les anomalies de structure, de forme, de position, ou de couleur des dents, les anomalies ou altérations parodontales, la dégradation de restaurations existantes composites, céramiques ou métalliques, la présence de lésions carieuses, l'existence de traumatismes ayant altéré les tissus dentaires, la perte d'une ou plusieurs dents...

Pour identifier les véritables besoins esthétiques du patient, il faut créer une communication efficace avec lui afin de l'impliquer au mieux dans le processus. Ainsi, il faut éviter au maximum les questions de type « interrogation totale », à savoir les questions pour lesquelles le patient ne peut répondre que par oui ou par non. L'idéal est donc de privilégier les questions ouvertes telle que : « que voudriez-vous changer dans votre sourire ? ». Par ailleurs, la question doit être posée le plus simplement possible afin que le patient puisse s'exprimer au maximum et ainsi donner un nombre important d'informations. Levine décrit cela comme la méthode du 80/20 : 80% d'écoute et 20% de questions. (47)

La beauté est un critère subjectif qui varie en fonction de chaque individu. Il faut donc déterminer le degré de naturel désiré par le patient pour son futur sourire.

1.4.3. Plan de traitement

Une fois les différents diagnostics établis et la demande esthétique du patient intégrée, le praticien met en place un plan de traitement. Pour ce faire il doit respecter le gradient thérapeutique. Lorsque plusieurs thérapeutiques sont possibles, on envisagera dans un premier temps les actes les plus conservateurs pour finir par les actes les plus mutilants, tout en répondant aux attentes du patient. C'est ce concept thérapeutique qui doit guider la réflexion du praticien lors d'un traitement esthétique. (55)

Une fois que les différentes solutions sont exposées au patient, le praticien réalise les devis correspondants. Le patient peut alors choisir le traitement qui lui convient le mieux en répondant au triptyque : « Coût - Sécurité - Santé ». Il faut ensuite s'assurer d'obtenir le consentement éclairé du patient. Il doit pleinement adhérer au plan de traitement établi avec le praticien et toutes les étapes de la thérapeutique doivent lui être expliquées.

Partie 2 : Analyse et conception numérique du sourire

- 1. Principe et historique**
- 2. Méthode et protocole d'utilisation**
- 3. Domaines d'application**
- 4. Intérêts et avantages**
- 5. Limites**

2. Analyse et conception numérique du sourire

2.1. Principe et historique

Les logiciels de conception numérique du sourire permettent de systématiser une approche diagnostique permettant ainsi une meilleure analyse, compréhension et exécution du plan de traitement. Il s'agit d'une méthodologie numérique qui permet, à partir de photographies, de simuler les objectifs esthétiques et fonctionnels du traitement que l'on veut réaliser.

Dès lors, ils permettent de visualiser précisément les différents éléments du sourire des patients et servent ainsi à établir un diagnostic de l'état initial. Cet outil sert aussi à prévisualiser le résultat final et à déterminer notamment toutes les thérapeutiques nécessaires à son aboutissement. De ce fait, il améliore grandement la communication avec le patient mais aussi avec le prothésiste dentaire (19).

Les premiers à mettre au point une méthode de conception numérique du sourire sont Christian Coachman et Livio Yoshinoga. Le premier est à la fois dentiste et prothésiste, le deuxième est architecte, tous deux sont de nationalité brésilienne. En 2002 ils créent le « Digital Smile Design » (DSD®) : c'est un protocole de conception numérique du sourire à partir d'un logiciel de présentation tel que Keynote® ou Powerpoint®. Même si le DSD® reste encore à ce jour le protocole le plus connu et le plus utilisé, d'autres méthodes s'en inspirent. On peut citer l'« Aesthetic Digital Smile Design » (ADSD) du dentiste italien Valerio Bini ou « The Photoshop® Smile Design » Technique de l'américain McLaren. En France, les prothésistes Hélène et Didier Crescenzo décrivent un protocole très proche baptisé « Virtual Esthetic Project » (VEP). Le point commun à tous ces protocoles est l'utilisation d'un logiciel non spécifique : certains utilisent des logiciels de présentation tel que Keynote® ou Powerpoint® et d'autres utilisent des logiciels de traitement photo comme Photoshop®.

Quelques années plus tard, différentes entreprises propres à la dentisterie comme Sirona®, 3Shape®, Planmeca® ou Tasty Tech® créeront des logiciels spécialisés uniquement consacrés à la conception numérique du sourire dans le but de simplifier

le protocole et d'apporter plus de possibilité de création (70). Tous ces logiciels seront décrits dans une prochaine partie.

2.2. Méthode et protocole d'utilisation

La conception du sourire est définie comme le traitement esthétique des dents antérieures situées dans la zone visible qui peut varier en fonction des patients. Toutefois le traitement esthétique étant une prise en charge globale, les dents non visibles de la bouche doivent être incluses dans le plan de traitement.

Le but de la conception du sourire est d'obtenir une esthétique antérieure idéale, conforme aux attentes du patient et se traduisant par une harmonie dentogingivale et faciale.

La première étape de cette méthode consiste à prendre des photographies numériques du sourire et du visage du patient. Le nombre et le type de clichés varient en fonction des méthodes et des logiciels utilisés. Ces photographies peuvent également être complétées par une vidéo du sourire. A l'aide de différents outils, l'analyse du sourire du patient est réalisable. La conception du nouveau sourire numérique est ensuite élaborée avec le consentement du patient (37).

Par la suite, les données du logiciel sont reportées sur un modèle physique. L'intérêt est de réaliser une maquette permettant une prévisualisation du résultat final.

Il existe actuellement différentes méthodes et différents logiciels permettant de réaliser une conception numérique du sourire. Nous reviendrons dans le détail sur les principaux dans une prochaine partie. Nous essayerons ici de décrire les différentes étapes du processus de conception numérique du sourire communes aux différents logiciels.

2.2.1. Photographies numériques et prise de clichés

Pour démarrer le protocole d'analyse et de réhabilitation numérique du sourire, des photographies sont nécessaires. Généralement, il s'agira de photographies standardisées prises à l'aide d'un appareil photo numérique (76). Elles peuvent également être prises à l'aide de smartphone ou de tablettes numériques afin d'être intégrées directement aux applications de certains logiciels.

Le nombre de photos diffère selon les logiciels utilisés. Néanmoins, tous les logiciels requièrent au moins une photo du visage entier pris de face avec un sourire naturel du patient. En effet, le point commun entre toutes les méthodes repose sur le fait que le sourire va être conceptualisé dans un cadre global, celui du visage.

Il est aussi conseillé d'utiliser une photo du patient dont le sourire est mis en avant par les écarteurs photo. En effet, ces derniers permettront d'éloigner les lèvres et de voir le sourire dans son intégralité. Cela n'est pas nécessaire avec tous les logiciels mais la plupart nécessitent un cliché où seules les dents et la gencive sont visibles.

Dans le cas où plusieurs photos sont requises, il est nécessaire de pouvoir les comparer ou les superposer. Le positionnement des yeux et l'orientation du regard sont un point essentiel de reproductibilité : il est donc nécessaire que le patient regarde toujours dans la même direction, c'est-à-dire droit devant lui.

La prise d'une vidéo est également possible pour compléter l'analyse. Certaines méthodes en font même un élément essentiel car elle place le sourire dans un contexte dynamique ce qui permet de valoriser l'esthétique. Des captures d'écran peuvent ensuite être réalisées à partir de cette vidéo et servir ainsi de clichés pour l'analyse.

2.2.2. Traitement des images et mise en place des lignes de références

Une fois la prise de clichés réalisée, il faut replacer les lignes de référence sur les photographies pour commencer l'analyse. Cela permet de contextualiser le sourire avec le visage du patient (93).

La photographie frontale prise de face et permettant de voir le visage entier du patient doit être alignée avec le plan horizontal qui est généralement défini comme celui passant par la ligne bipupillaire.

On place ensuite la ligne médiane verticale du visage. Celle-ci passe par la glabelle le menton et le philtrum. Des écarts peuvent exister entre la ligne interincisive et la ligne médiane du visage (environ dans 30% des cas).

Si un cliché avec des écarteurs photos est utilisé, il doit être aligné de la même manière et des lignes de transferts doivent être utilisées pour que la superposition des deux images soit parfaite. Certains logiciels réalisent cette étape de manière automatique.

Les lignes sont ensuite reportées sur la vue intrabuccale ce qui permet d'analyser l'ancien sourire et de créer le nouveau en fonction des références faciales.



Figure 5 : La ligne bipupillaire sert à aligner la photographie. La ligne médiane est également placée. Les deux sont ensuite reportées sur la vue intra buccale. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

2.2.3. Calibration des photographies

La calibration est une étape clef. Elle permet de transférer des mesures prises sur les clichés, vers le modèle en plâtre de l'arcade du patient. Elle permet ainsi d'obtenir des mesures numériques vraies qui seront conformes aux dimensions réelles de la bouche du patient.

Ainsi la photographie frontale du visage doit être étalonnée. Pour ce faire, on marque une distance réelle sur le patient ou le modèle en plâtre issu d'une empreinte entre deux points de référence reproductible sur le logiciel. On mesure la distance entre ces deux points de référence à l'aide d'un calibre à coulisse pour plus de précision. On sélectionne ensuite la même distance entre les deux mêmes points de référence sur l'image numérique et l'on renseigne cette longueur au logiciel utilisé ce qui permet d'étalonner la mesure du logiciel.

Une fois la calibration réalisée on peut donc sélectionner n'importe quelle longueur sur le logiciel point à point : elle correspondra à la distance réelle mesurée sur le patient. À la fin de la conception numérique, cela permettra donc de reporter les mesures sur le modèle en plâtre pour recréer un wax-up en cire aux mêmes dimensions que le wax-up digital.



Figure 6 : Habituellement, on utilise la mesure de la largeur entre les deux incisives centrales pour étalonner le logiciel. En effet, cette mesure est facilement repérable sur le patient et sur la photographie. Ici la mesure est réalisée sur le modèle d'étude. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

2.2.4. Conception du sourire numérique en deux dimensions

Il s'agit de l'étape de conception du sourire numérique à proprement parler. On choisit ainsi la forme et la position des dents en tenant compte des connaissances qu'on a des principes de dentisterie esthétique. Les paramètres essentiels à prendre en compte lors de la création du sourire en 2D sont les suivants :

- La ligne des lèvres

Elle détermine le volume visible des dents antérieures. Les lèvres sont classées comme étant basses, moyennes ou hautes. Avec les lèvres au repos, il doit y avoir entre 2 et 4 mm de l'incisive centrale maxillaire visible en partant de son bord libre. Cependant, des variations majeures peuvent être observées, selon l'âge et le sexe du patient. Par ailleurs, l'évaluation de la position de la lèvre inférieure lors du sourire permettra à ce stade de déterminer la future longueur des incisives centrales.

- Le contour des dents composant le sourire

La courbe du sourire (contour incisif), qui est un paramètre clé dans la conception du sourire, doit toujours être évaluée en conservant une relation harmonieuse entre les lèvres et le visage. Le déroulement de cette courbe est représenté par le rapport entre la largeur et la longueur des dents de chaque patient. De nombreuses études ont établi des rapports idéaux pour différents types de dents. La longueur idéale des incisives centrales maxillaires, par exemple, est comprise entre 10,4 et 11,2 mm et le rapport largeur sur longueur idéal est de 75% à 80%.

Des rectangles simulant la longueur et la largeur idéale des futures incisives centrales et latérales et des canines sont donc créés et positionnés sur les images. À l'intérieur de ces rectangles, on dessine le contour externe des futures dents. Les rectangles sont ensuite supprimés, ne laissant place qu'à la simulation du futur sourire.

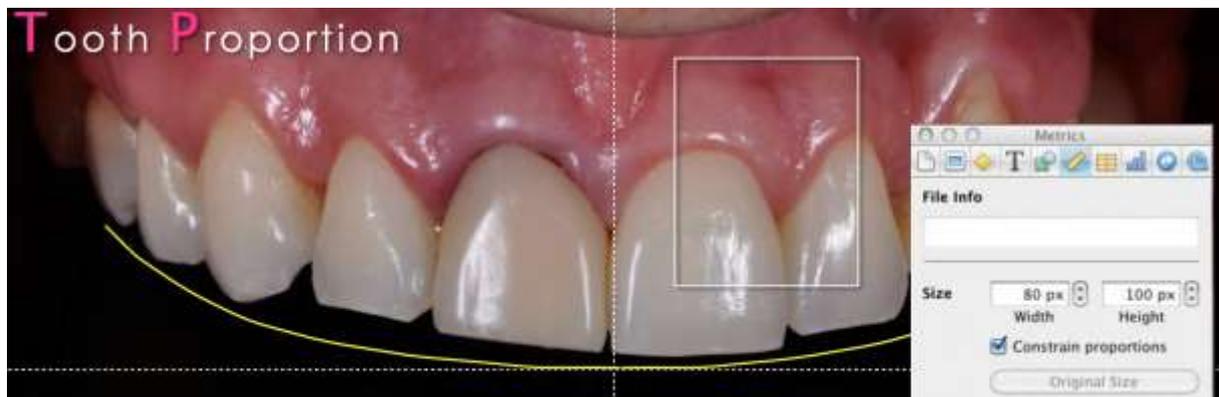


Figure 7 : Des cadres sont tracés avec des proportions idéales en terme de rapport largeur/longueur. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

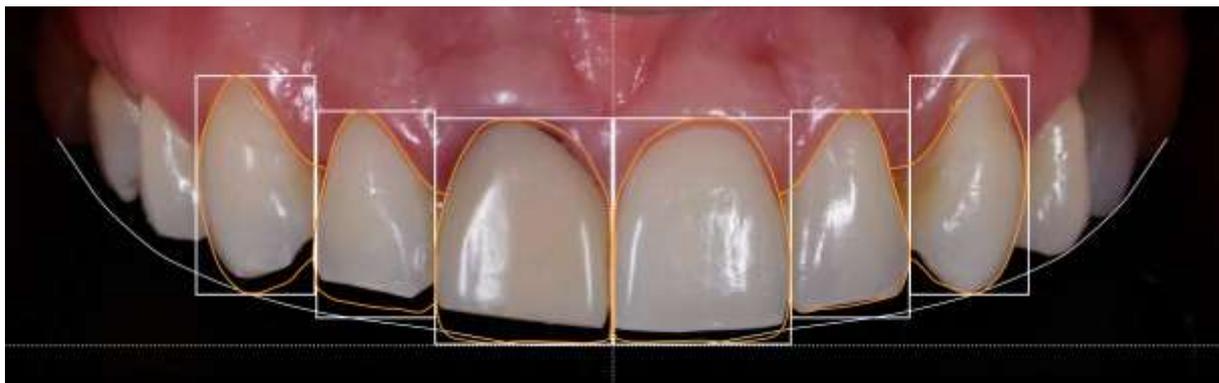


Figure 8 : Les contours des dents sont tracés dans les cadres représentant les proportions idéales. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)



Figure 9 : Les mesures du sourire numérique peuvent être transmises au prothésiste pour la fabrication du wax-up. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

L'harmonie de la courbe du sourire doit toujours être évaluée dans son contexte, c'est-à-dire en prenant en compte les éléments qui l'entourent à savoir la gencive et les papilles inter-dentaires.

La courbe gingivale est la ligne qui relie les points les plus cervicaux de la gencive marginale, tandis que la ligne de la courbe papillaire relie les points les plus coronaires des papilles inter-dentaires. Les deux peuvent être tracées sur le logiciel permettant de révéler des défauts au niveau de la composante gingivale.

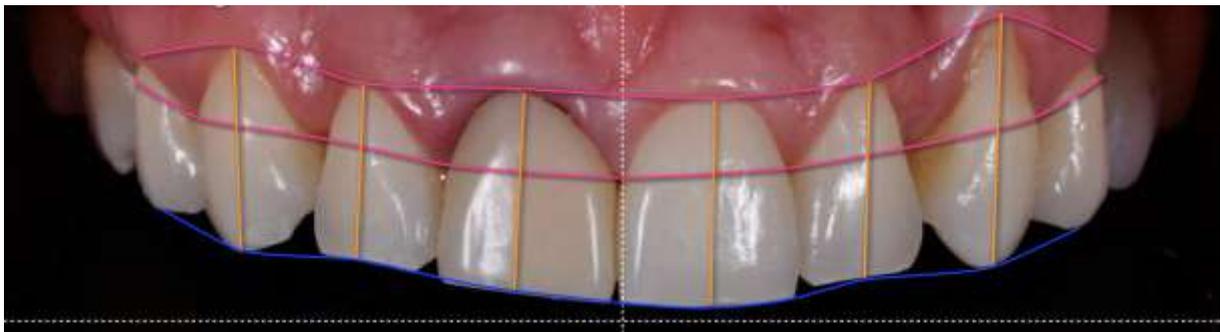


Figure 10 : En rose, la courbe gingivale (en haut) et la courbe papillaire (en bas) sont tracées.

D'autres éléments peuvent être indiqués comme ici le grand axe des dents en orange ou la ligne des sommets incisifs en bleu. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

- Caractéristiques optiques (Etat de surface, caractéristiques, couleur)

La simulation exacte des caractéristiques optiques des dents antérieures constitue la phase finale de la conception du sourire. Il est important de simuler autant que possible les caractéristiques des dents antérieures qui sont spécifiques au patient, comme la translucidité, l'opalescence, les mamelons dentinaires des bords incisifs et la texture superficielle de l'émail. Le fait de créer une reproduction réelle des caractéristiques optiques des dents lors de la planification numérique augmente le réalisme de la conception du nouveau sourire et donc son acceptation par le patient. Il est important de noter que tous les logiciels ne permettent pas de retranscrire ces informations lors de la conception du sourire.

Toutes ces étapes sont susceptibles de varier en fonction de la méthode et du logiciel utilisé. Comme nous le verrons par la suite, certains logiciels dessinent

automatiquement le nouveau sourire dans les proportions idéales. Mais dans la plupart des cas, un dessin ou ajustement manuel reste nécessaire.

2.2.5. Passage du numérique à une maquette en trois dimensions

- La méthode conventionnelle : le wax-up en cire

Une fois la conception du sourire terminée avec le consentement du patient, on peut reporter le résultat obtenu numériquement sur les modèles d'étude prothétiques.

Les wax-up sont ensuite créés par le prothésiste à l'aide de cire dans les mêmes proportions que l'analyse numérique réalisée précédemment (22). Pour ce faire, les mesures de l'étude virtuelle sur informatique sont transférées au laboratoire de prothèse. Les lignes de référence horizontales et verticales sont marquées sur le modèle. Cette communication avec le prothésiste est capitale, mais elle n'est possible qu'en respectant strictement le protocole, notamment en termes de calibrations des photos.

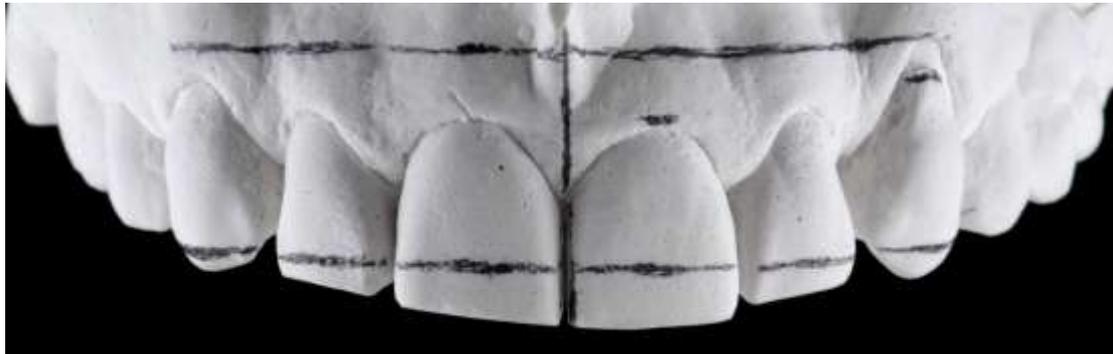


Figure 11 : Les lignes de référence et certaines mesures sont reportées sur le modèle en plâtre.
(Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

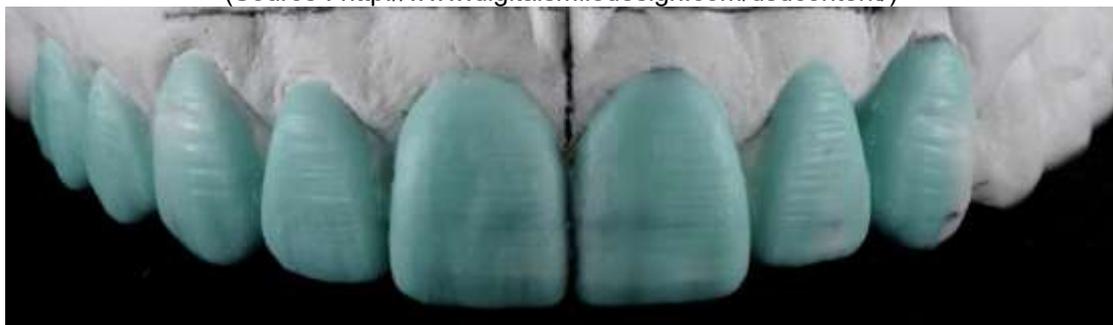


Figure 12 : Le wax-up en cire est fabriqué par le prothésiste dans les mêmes proportions que le wax-up digital. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

- La méthode numérique par CFAO : l'impression 3D ou l'usinage

Il existe une autre méthode utilisant la CFAO pour reporter la conception numérique en modèle physique. Il s'agit donc d'un flux de travail purement numérique dans lequel la maquette est directement fabriquée à partir de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) par une imprimante 3D. Cette méthode n'est possible qu'avec certains logiciels compatibles avec les outils de CAO/CFAO et nécessite de posséder une imprimante au cabinet. Il est également possible d'usiner directement la conception numérique du sourire dans le cas de facettes, par exemple. Ces dernières sont alors directement fabriquées par soustraction dans des blocs de résine pour servir de mock-up. L'avantage du flux numérique par CFAO est la reproductibilité de la conception numérique qui est quasi parfaite contrairement à la méthode conventionnelle qui est plus aléatoire (77).

2.2.6. Application clinique : le mock-up

Une fois les wax-up terminés ou le modèle imprimé en 3D, une clef en silicone est réalisée. Celle-ci va permettre de créer le mock-up, ou masque esthétique en français, et donc de transférer le projet numérique en bouche. Une résine bis-acrylique est injectée dans la clef qui est ensuite replacée sur l'arcade. Une fois les excès de résine retirés, le patient peut prévisualiser le résultat final du traitement esthétique directement en bouche (64). Des modifications peuvent être faites avant de commencer la réhabilitation prothétique.

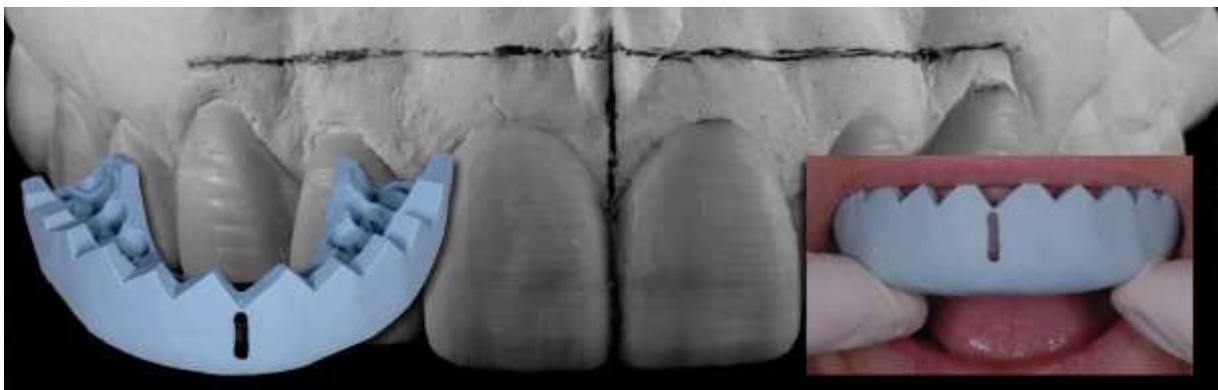


Figure 13 : La clef en silicone issue du wax-up permet de créer le mock-up et de reporter le projet numérique en bouche. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>).



Figure 14 : Le mock-up prévisualise le résultat final. Une fois validé esthétiquement et fonctionnellement, la réhabilitation définitive peut commencer. (Source : <http://www.digitalsmiledesign.com/dsdcontent/>)

Le mock up est ensuite validé de manière esthétique et fonctionnelle par le praticien et le patient (57). La restauration finale peut être réalisée. La conception numérique du sourire peut servir différents domaines comme la prothèse fixée (réalisation de facettes ou de couronnes), la prothèse sur implant et l'implantologie, l'odontologie conservatrice... Ces différents domaines d'applications seront détaillés dans la prochaine partie.

Protocole de la conception numérique du sourire

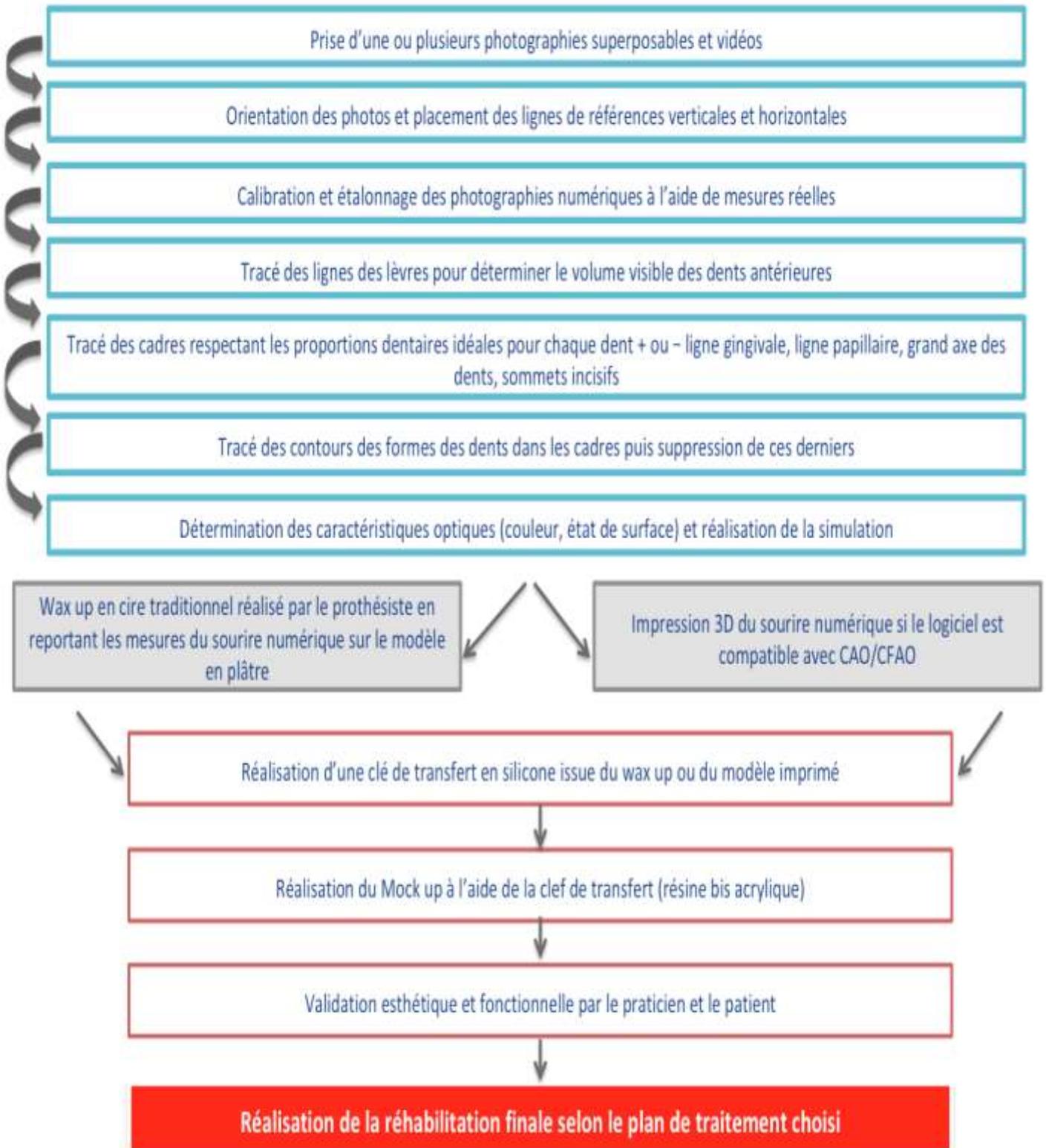


Figure 15 : Schéma récapitulatif du protocole de conception numérique du sourire. (Source : document personnel)

2.3. Domaines d'application

Les méthodes ou logiciels de conception du sourire peuvent être utilisés pour les cas simples de restaurations antérieures mais ils montrent également un très grand intérêt dans les cas complexes faisant intervenir plusieurs protagonistes.

Le praticien peut grâce à eux :

- Établir un plan de traitement et poser l'indication d'une prise en charge pluri disciplinaire (praticien-prothésiste, orthodontiste, implantologiste, parodontiste).
- Coordonner le traitement entre les différents spécialistes.
- Assurer un contrôle de validation en fin de traitement.

Nous allons donc étudier dans cette partie les différents domaines dans lesquels l'utilisation de ces logiciels est indiquée. Il faut garder à l'esprit qu'un même plan de traitement peut faire intervenir plusieurs des spécialités citées ici.

2.3.1. Prothèse fixée

Il s'agit de l'indication la plus courante des logiciels de conception du sourire. Une fois le sourire digital défini, on transmet les données numériques au laboratoire qui va réaliser les wax up en cire conventionnelle à l'aide des mesures qui en sont issues, ou les modèles issus directement du logiciel sont imprimés par CFAO. A l'aide d'une clef de transfert en silicone issu du modèle, les mock-up sont réalisés en bouche en résine bis acrylique. Ils permettent une validation esthétique et fonctionnelle et peuvent être retouchés. Selon le délabrement initial de la dent et le volume dentaire différentiel entre la situation initiale et le sourire créé à l'aide du logiciel, le praticien aura le choix entre la réalisation de facettes collées ou de restaurations périphériques.

Dans le cas de facettes, lors de nos préparations prothétiques c'est le mock-up qui va guider la préparation dentaire. Le praticien réalise ainsi ces préparations avec le mock-up en place à l'aide de fraises et en utilisant une méthode de pénétration

contrôlée ce qui permet la réalisation de tailles à minima tout en dégagant assez d'espace pour la future reconstitution (2).

Une fois les différentes tailles effectuées, le praticien peut réaliser une empreinte conventionnelle qui sera envoyée au laboratoire. Les éléments en céramiques seront fabriqués en fonction des wax-up initiaux. Ils seront ensuite essayés et collés par le praticien.

L'autre possibilité est de prendre une empreinte optique et d'usiner directement les éléments en céramique au cabinet si celui-ci est équipé d'une usineuse. En effet, la compatibilité entre certains logiciels de CFAO et de conception numérique du sourire permet de combiner l'empreinte optique avec le projet digital et de fabriquer ainsi directement les éléments en céramique (17). Ceux-ci sont ensuite maquillés pour obtenir un résultat esthétique pleinement satisfaisant puis collés.

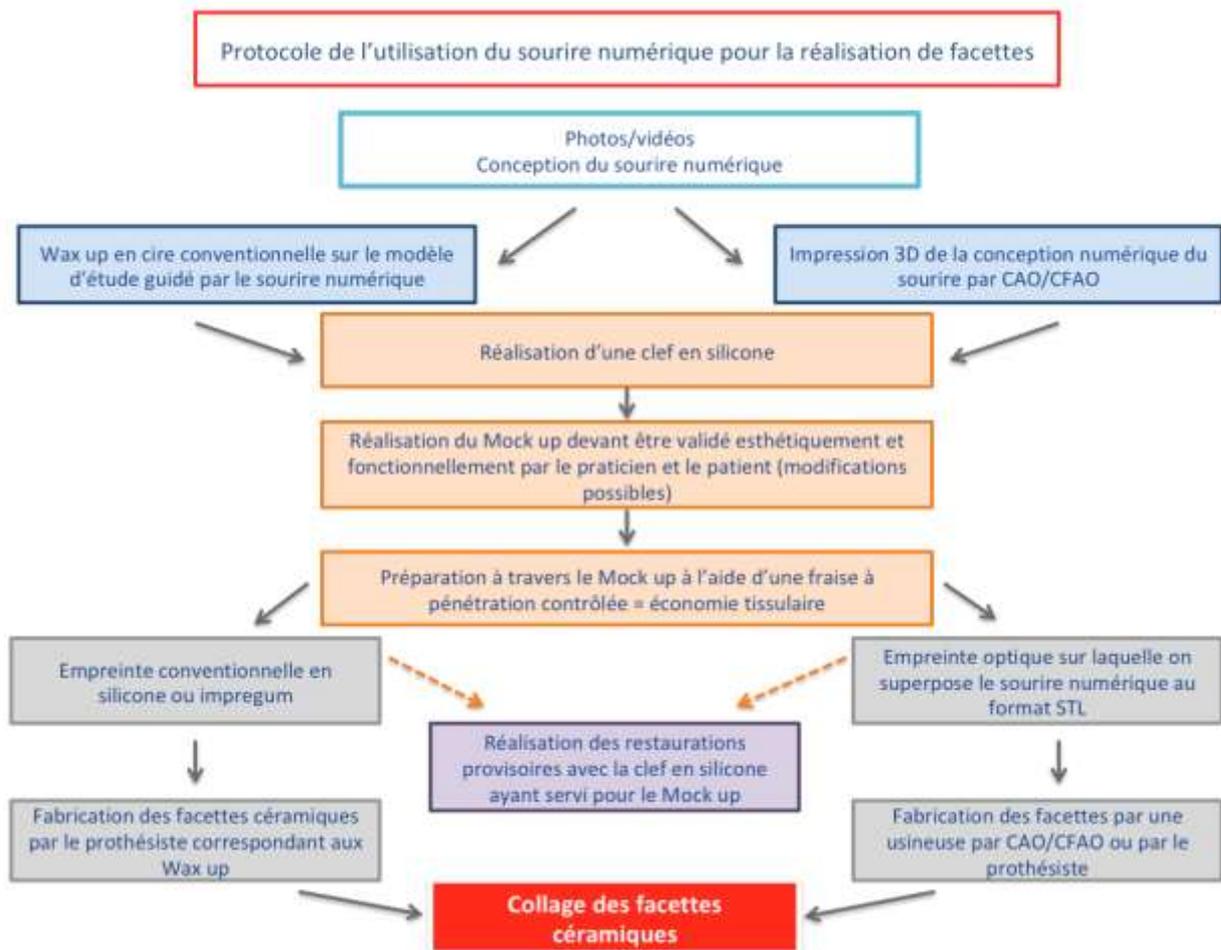


Figure 16 : Schéma du protocole de l'utilisation du sourire numérique pour la réalisation de facettes.
(Source : document personnel)

2.3.2. Implantologie

Les logiciels de réhabilitation numérique du sourire peuvent faciliter et améliorer la prise en charge du patient lors d'un traitement implantaire (5)(69).

La première étape du processus consiste à réaliser une conception du sourire du patient à l'aide de photos et de vidéos comme décrit dans les chapitres précédents. Le Cone Beam CT associé à un logiciel de planification implantaire, les modèles d'études numérisées et les articulateurs virtuels complètent les ressources pour une évaluation et une interprétation des données cliniques optimales (68).

Certains logiciels de réhabilitation numérique du sourire permettent de combiner le projet prothétique digital réalisé et le Cone Beam CT du patient. Le flux numérique nécessite donc de superposer un CBCT (fichier DICOM) et un fichier STL de stéréolithographies du wax up virtuel réalisé grâce à un logiciel de conception du sourire (16). Le fichier STL décrit la géométrie de surface d'un objet en trois dimensions ce qui permet sa fabrication assistée par ordinateur.

On obtient donc sur la même image numérique, le projet prothétique numérique superposé au CBCT sur lequel on peut réaliser la planification implantaire (23)(34). Cela remplace ainsi l'usage de guides radiologiques : le praticien peut, grâce aux logiciels de planification implantaire, placer les implants en fonction du projet esthétique.

Une fois la planification réalisée, le guide chirurgical peut ensuite être fabriqué avec une imprimante 3D par le biais de la CFAO. Il nous permettra de placer les implants conformément au projet prothétique, réalisé au préalable avec le patient, lors de la chirurgie implantaire. Il est aussi possible de réaliser les prothèses transitoires immédiates fabriquées à partir de résine méthacrylate de polyméthyle également par un procédé de CAO-CFAO (40).

Les nouvelles technologies telles que les scanners intra-oraux, les guides chirurgicaux numériques et les méthodes de CAD-CAM permettent de réaliser des traitements avec une plus grande sécurité et une meilleure prévisibilité (90). Il a été

montré que la superposition des différents fichiers numériques était une technique suffisamment fiable et permettait de recréer le patient virtuel. Cependant aucun système et logiciel ne permet aujourd’hui de fusionner les fichiers en quatre dimensions on ne peut donc pas reproduire numériquement les mouvements faciaux du patient.

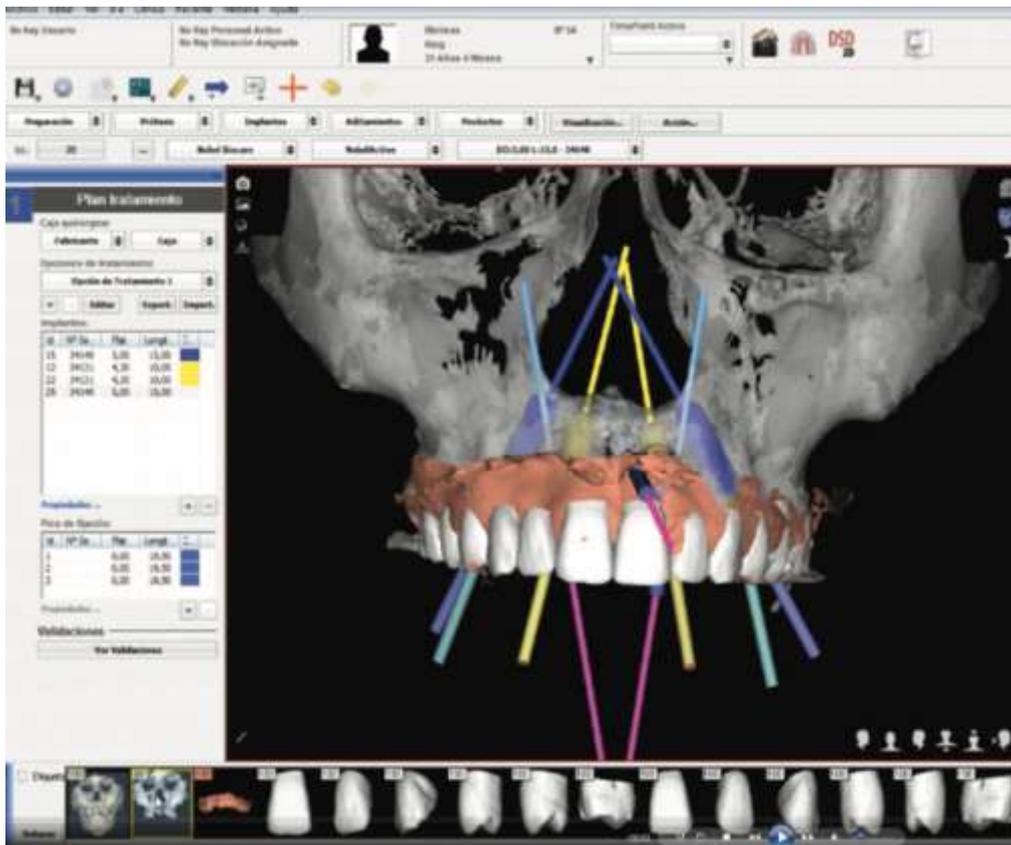


Figure 17 : Combinaison du CBCT et du fichier STL issu du logiciel de conception du sourire permettant la planification implantaire (logiciel NemoDSD). (Source : Yassmin, 2016)

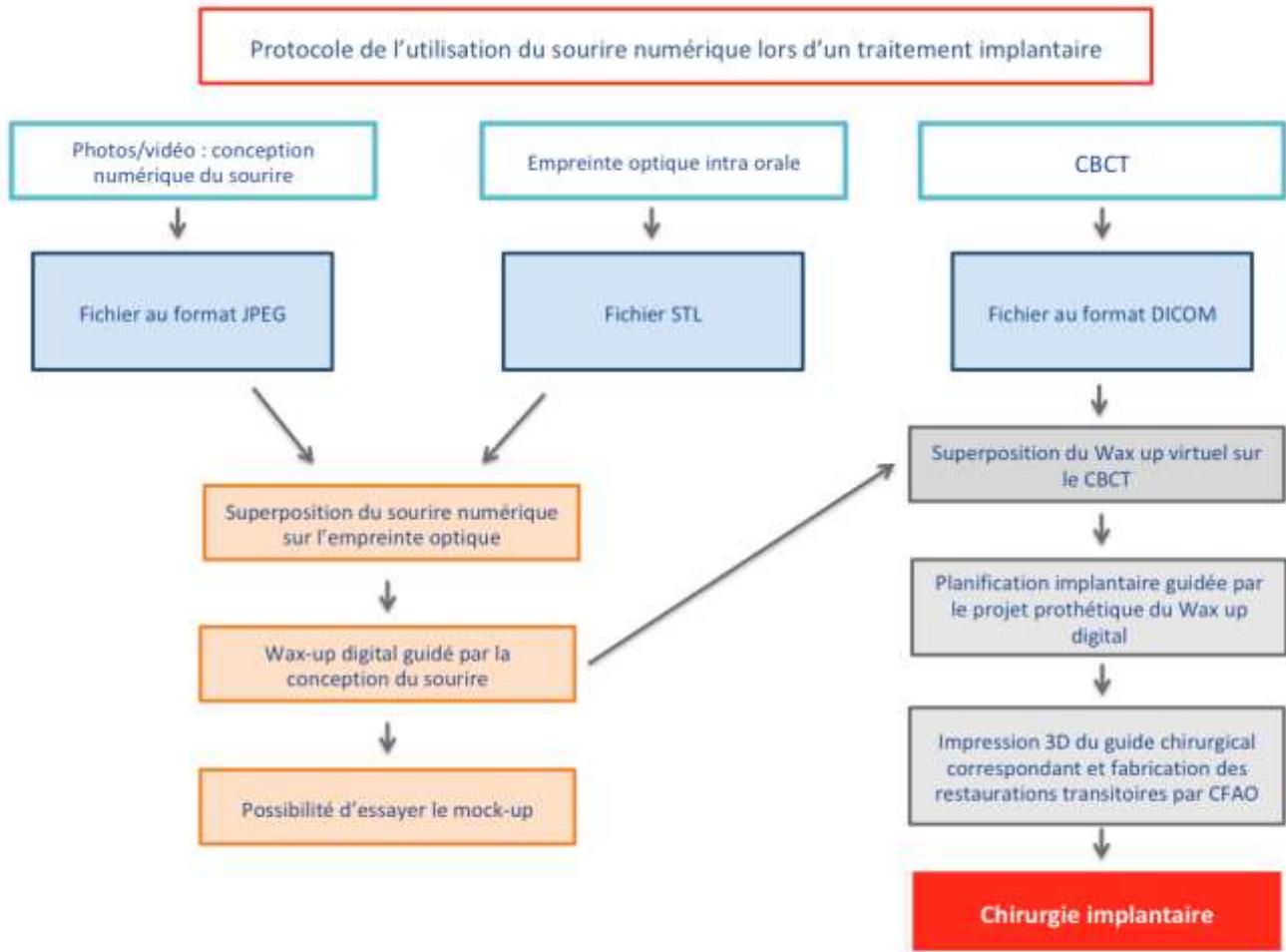


Figure 18 : Schéma du protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un traitement implantaire. (Source : document personnel)

2.3.3. Odontologie conservatrice : collage de résine composite

La dentisterie adhésive s'est considérablement améliorée au cours des dernières années. Les adhésifs sont plus fiables et leur protocole d'utilisation plus simple. De plus, l'ajout de charges dans les composites leur procure de meilleures propriétés optiques et mécaniques ce qui nous permet de les utiliser dans beaucoup plus de situations de restaurations directes. On les emploie notamment pour refermer de petits diastèmes, pour restaurer des incisives en grain de riz ou pour réaliser des facettes directes sans préparation. Ces indications sont d'autant plus pertinentes dans le contexte actuel qui préconise l'économie tissulaire et la dentisterie minimalement invasive. Ainsi tant que nous pouvons apporter au patient les mêmes

esthétique, durabilité et prévisibilité, nous choisirons les résines composites plutôt que la céramique qui implique des tailles et des pertes tissulaires.

Le critère du prix est également à prendre en compte. Les traitements composites étant beaucoup moins onéreux, ils peuvent rendre service à des patients qui ont moins de possibilité d'un point de vue financier.

Les logiciels de conception du sourire permettent là encore de prévisualiser le résultat final et permettent une implication du patient dans sa réalisation. Une fois le wax-up virtuel obtenu, on peut le reporter sur le modèle d'étude en plâtre en réalisant un wax up en cire conventionnel ou l'imprimer directement par le biais de la CFAO si le logiciel est compatible. On réalise alors un mock-up pour valider cliniquement le projet d'un point de vue fonctionnel et esthétique. On fabrique une clef en silicone qui servira de guide de stratification pour la future reconstitution composite (14)(56). En fonction du système de collage choisi, on réalise le mordançage et on applique l'adhésif. On effectue un premier apport de résine afin de réaliser la pelle palatine ce qui va nous permettre de construire les contours de la reconstitution comme défini précédemment à l'aide du logiciel. On construit ensuite la dent avec des apports successifs de résine puis on termine par l'étape de polissage.



Figure19 : Exemple d'utilisation d'un guide de stratification issu d'un wax-up obtenu grâce à un sourire numérique.

(Source : <https://styleitaliano.org/>)

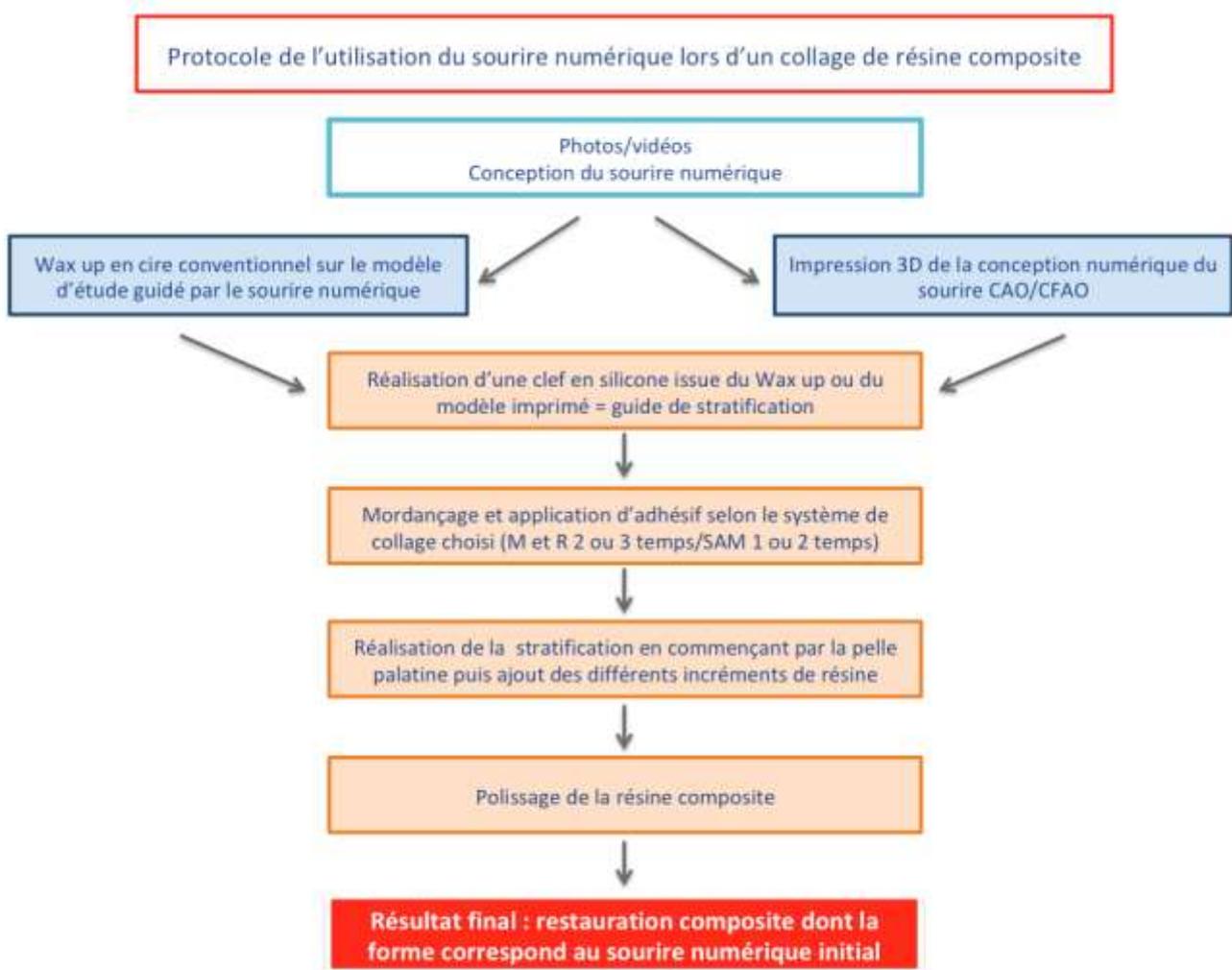


Figure 20 : Schéma du protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un collage de résine.
(Source : document personnel)

2.3.4. Chirurgie gingivale

Nous avons vu dans la première partie de ce travail que la composante gingivale est un facteur essentiel pour un sourire harmonieux. Dans certains cas, une réduction gingivale permet de retrouver les proportions dentaires idéales créant ainsi une élévation coronaire. C'est notamment le cas lorsque l'on cherche à corriger un sourire gingival. Bien souvent les gingivoplasties et les élévements coronaires précèdent la réalisation de facettes.

Dans un premier temps, Il faut déterminer la cause du sourire gingival. Le problème peut être squelettique, musculaire, dentogingival ou une combinaison de ces facteurs. Pour cela on commence par mesurer la longueur de la lèvre supérieure car

le problème peut venir d'une lèvre courte. C'est le cas lorsque la distance entre le sommet du philtrum et le bord inférieur du vermillon est inférieure à 15 millimètres (contre une fourchette moyenne de 20 à 24mm). Une autre origine musculaire du sourire gingival pourrait être l'hypermobilité des lèvres, qui est le diagnostic par défaut en l'absence de preuve d'une autre origine.

Dans un second temps, il s'agit d'évaluer la position de bord incisif des incisives. Chez les patients présentant une usure de bord incisif, un sourire gingival peut être dû à une compensation du complexe dentoalvéolaire en réponse à cette usure. Ainsi les dents, l'os alvéolaire et les gencives migrent de manière coronaire, comme si c'était une éruption forcée lente. S'il n'y a pas d'usure, on évalue les proportions dentaires individuelles. Si elles sont correctes, le problème peut être dû à une éruption passive altérée ou à une prolifération gingivale d'origine systémique.

Une chirurgie gingivale par allongement coronaire ne peut résoudre que les problèmes dentogingivaux. Si l'origine est squelettique ou provient d'une lèvre courte, une chirurgie orthognatique plus complexe sera envisagée. Il est donc important de bien définir l'origine du problème avant de commencer tout traitement.

Les logiciels de conception du sourire nous apportent là aussi de nombreuses solutions. Les images conçues numériquement permettent au patient de visualiser le résultat final et de comprendre les problèmes soulevés par son état oral actuel. Il peut donc voir le nombre de dents nécessitant une restauration et le besoin d'une chirurgie parodontale. Le consentement du patient pour le traitement est obtenu grâce au visionnage du résultat potentiel via les images du logiciel.

Une fois le sourire numérique réalisé, on fabrique un wax up en cire en fonction des mesures du logiciels ou en imprimant un modèle en 3D directement par CFAO. On réalise ensuite le mock-up qui aura ici deux fonctions : d'une part il permet au patient de valider esthétiquement le résultat final puisque la résine va recouvrir les excès de gencive. D'autre part, lors de l'étape chirurgicale, celui-ci va guider le tracé du bistouri pour procéder à l'allongement coronaire (72). Les excès de gencive sont ainsi retirés et on retrouve les mêmes proportions que sur le logiciel de conception du sourire (88).

Une autre technique consiste à fabriquer une gouttière en résine souple qui remplacera le mock-up comme guide chirurgical.

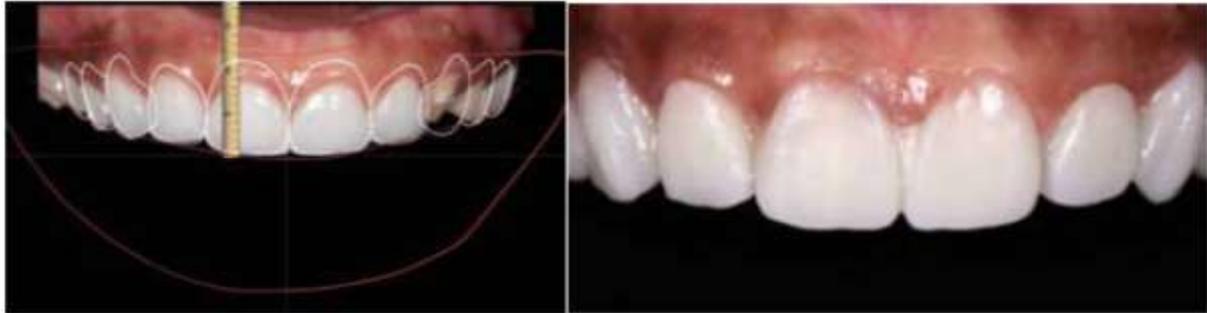


Figure 21 : Sourire numérique montrant un excédent de plusieurs millimètres de gencive (à gauche). Le Mock-up en place servira de guide pour la chirurgie gingivale (à droite).
(Source : Trushkowsky, Arias et David, 2016)



Figure 22 : Photographie post opératoire après l'élongation coronaire et retrait du mock up. Des facettes seront ensuite réalisées. (Source : Trushkowsky, Arias et David, 2016)



Figure 23 : Exemple de gouttière issue du sourire numérique servant de guide pour l'élongation coronaire. (Source : Coachman, 2017)

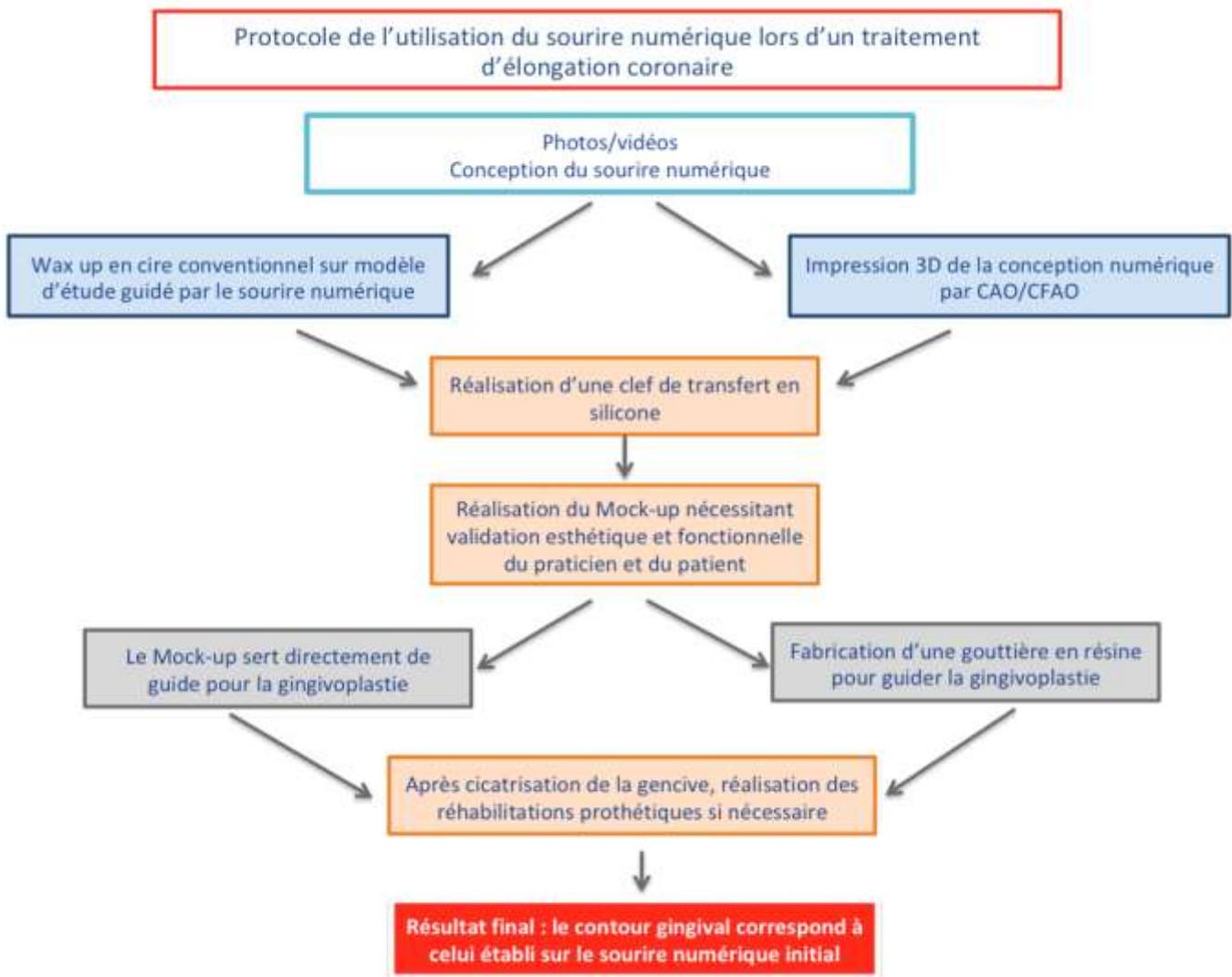


Figure 24 : Schéma du protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un traitement d'élongation coronaire.
(Source : document personnel)

2.3.5. Orthodontie

Les logiciels de conception du sourire peuvent apporter de nombreux avantages à plusieurs étapes du traitement orthodontique.

Tout d'abord lors du diagnostic. Une fois la conception d'un sourire harmonieux réalisée, si l'écart entre le volume dentaire initial du patient et les contours du sourire voulu est trop important, notamment sur les vues occlusales, cela pose l'indication d'un traitement orthodontique. Ce dernier peut être réalisé seul mais le plus souvent

celui-ci sera suivi d'un traitement prothétique. Dans ce cas le but pour l'orthodontiste sera de se rapprocher un maximum de l'emplacement prévu par le logiciel pour permettre une réhabilitation prothétique avec un minimum de préparation aux dépens des structures dentaires. Le volume des dents déplacées doit donc, dans la mesure du possible, être contenu dans le futur volume du projet prothétique.

Pour la réalisation du traitement orthodontique, une fois la conception numérique du sourire terminée, une empreinte optique est réalisée. On utilise ensuite un logiciel (tel que Nemosoftware®, DSD Connect®, Cerec®) qui nous permet de combiner les deux fichiers (35). On a donc un véritable wax-up numérique prévisualisant le résultat final que l'on peut superposer à l'empreinte optique reproduisant la situation initiale du patient. Le wax-up numérique peut être imprimé en 3D pour la réalisation du mock up.

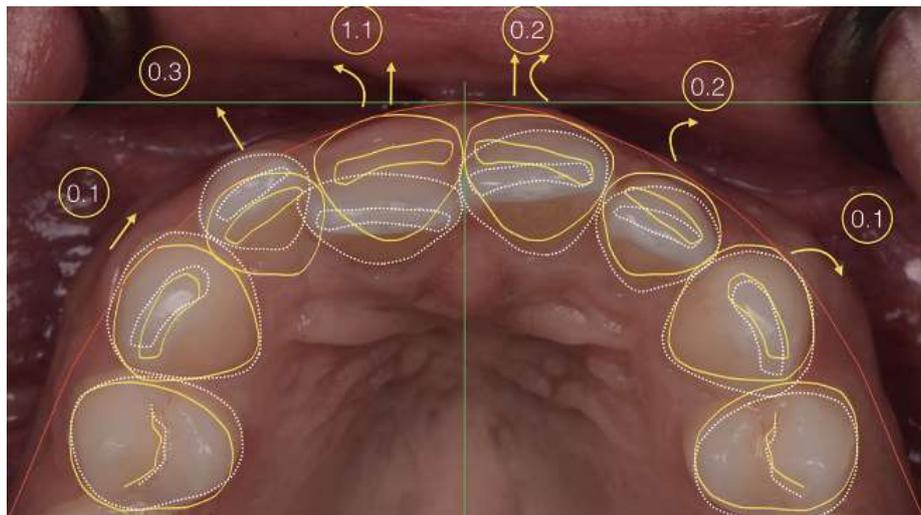


Figure 25 : En vue occlusale, positions idéales superposées à la situation initiale montrant la nécessité d'un traitement orthodontique avec des flèches indiquant les mouvements dentaires à réaliser. (Source : Finelle, 2017)

Une fois validé, ce même fichier pourra alors être transféré vers n'importe quel logiciel orthodontique (3Shape®, Invisalign®, Incognito®...) à « système ouvert ». On pourra alors fabriquer la gouttière ou l'appareil orthodontique dictée par le logiciel de conception du sourire et assistée par ordinateur (49).

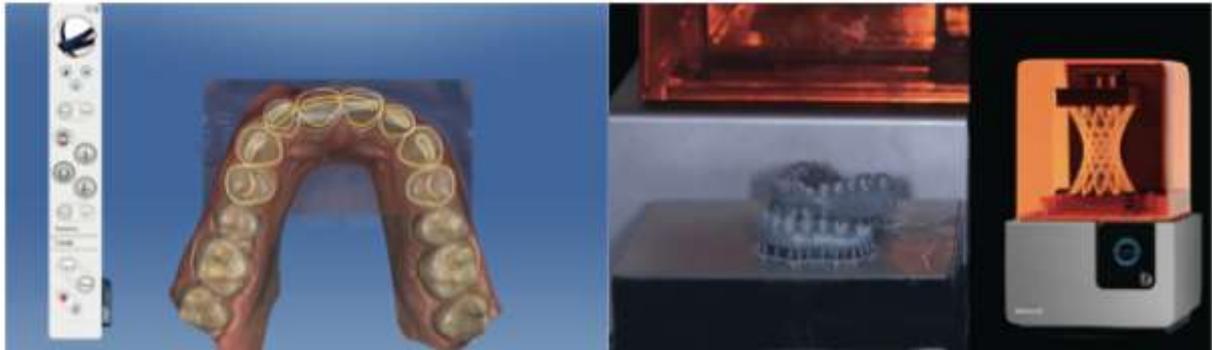


Figure 26 : Logiciel DSD connect (à gauche) permettant d'imprimer en 3D des set-up orthodontiques (à droite) à partir du projet numérique. (Source : Finelle, 2017)

Enfin à l'issue du traitement orthodontique, le logiciel de conception du sourire nous permet d'assurer un contrôle de validation en fin de traitement. On compare le résultat final avec la conception initiale pour voir si le traitement est satisfaisant.

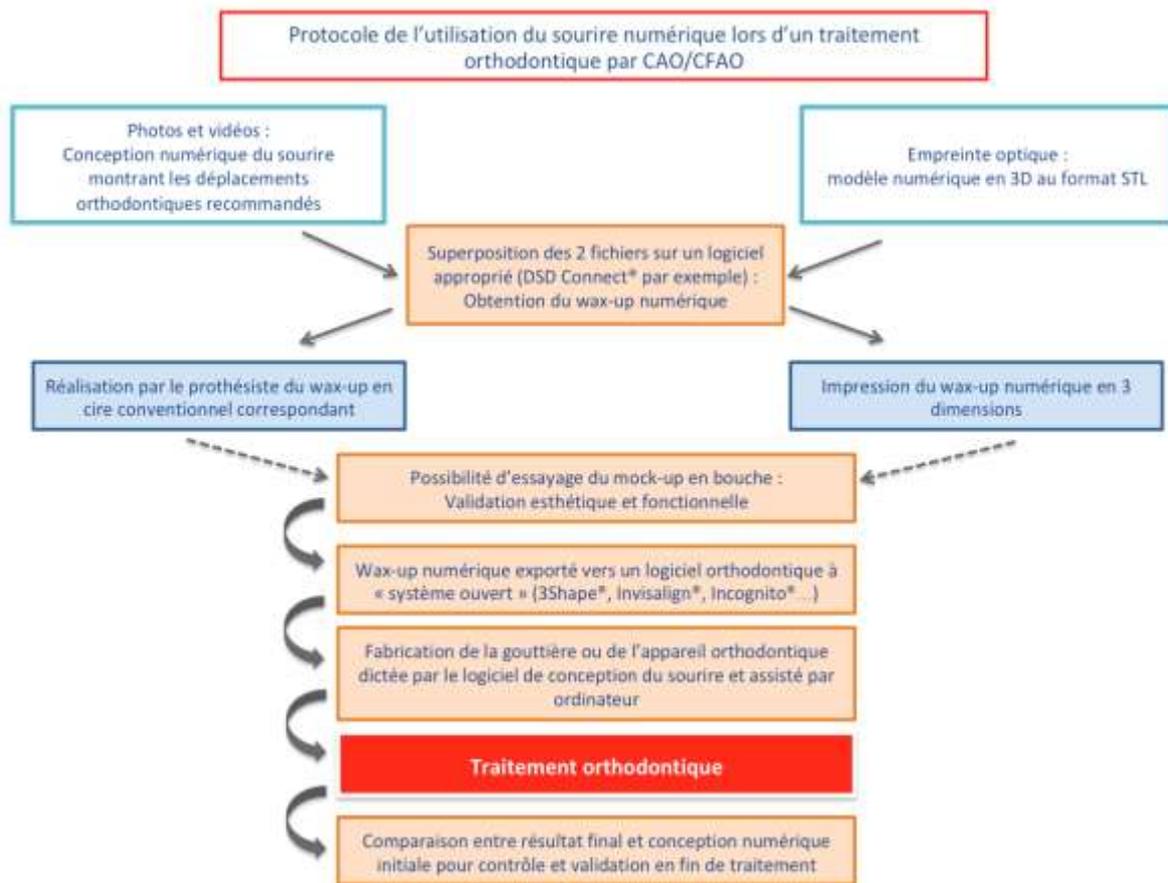


Figure 27 : Protocole d'utilisation du sourire numérique lors d'un traitement orthodontique par CAO/CFAO. (Source : document personnel)

2.4. Intérêts et avantages

2.4.1. Communication avec le patient et le prothésiste

Lors d'une prise en charge « traditionnelle », le prothésiste conçoit le sourire en fonction du peu d'informations que lui donne le praticien. Les logiciels de conception du sourire permettent au dentiste de devenir le garant du sourire du patient. Étant son interlocuteur direct, le patient a développé une forte relation personnelle et a donné sa confiance au praticien alors que, dans la plupart des cas, il n'a jamais vu le prothésiste. Le dentiste est donc plus en mesure de comprendre les envies et les attentes du patient et peut les retranscrire via ces logiciels.

La communication est aussi grandement améliorée entre le dentiste et le prothésiste. En effet dans de nombreux cas, le prothésiste ne reçoit pas suffisamment d'informations pour tirer le meilleur de ses compétences, et la restauration finale ne va pas toujours satisfaire le patient. Avec les méthodes de conception numérique du sourire on peut lui transmettre, via les photos et les analyses, toutes les informations concernant les caractéristiques anatomiques, tels que les plans de référence, les médianes faciales et dentaires, la position du bord incisif recommandée, la dynamique des lèvres, l'arrangement dentaire de base et le plan incisif (42).

Le praticien, par le biais de la conception numérique réalisée à l'aide du logiciel, va également communiquer au prothésiste les préférences personnelles et les caractéristiques morpho-psychologiques du patient, ce qui lui permettra de réaliser une restauration correspondant aux attentes de ce dernier (67).

Cet outil permet donc au praticien d'incarner un véritable lien entre les désirs du patient et le travail du prothésiste. Il devient le concepteur du sourire.

2.4.2. Implication et participation du patient

Les logiciels de conception du sourire nécessitent tous la prise de photographies. Cette première étape personifie le plan de traitement en associant le visage du patient à la future reconstitution. Les différents tracés sur le logiciel peuvent être réalisés en sa présence, ce qui lui permet de comprendre le cheminement de la construction de son futur sourire. Par ailleurs, il peut également identifier plus facilement les défauts de sa dentition actuelle. La simulation et la visualisation des photographies servent à illustrer les problématiques présentes et les solutions à mettre en œuvre pour les corriger. Le dentiste peut faire participer le patient à l'élaboration de son sourire en lui proposant d'opter pour la forme dentaire de son choix. Le patient devient alors acteur de son propre traitement ce qui lui permettra de mieux l'appréhender (20).

2.4.3. Prédictibilité et acceptation du plan de traitement

Une fois la conception du sourire terminée, le patient a devant les yeux le résultat final du traitement. Cela lui permet de se projeter dès le premier rendez-vous avant même la phase de prise d'empreinte (61). Ces logiciels permettent ainsi une présentation claire et compréhensible des thérapeutiques que l'on va mettre en œuvre pour arriver à ce résultat. Cette identification favorisera une meilleure compréhension des enjeux par le patient, et donc une meilleure adhésion aux traitements proposés. Le patient se sent ainsi au centre de la réflexion.

2.4.4. Traitement conservateur

En permettant une prévisualisation finale du traitement, les logiciels de conception numérique du sourire nous permettent de connaître les volumes nécessaires à la reconstitution. Par exemple, dans le cadre de la réalisation de facettes, les tailles sont réalisées avec des fraises de pénétration contrôlée et à travers le mock-up issu du wax-up numérique (38). Ainsi, le volume tissulaire que l'on retire correspond exactement au volume nécessaire pour réaliser les reconstitutions. Cet avantage s'ancre dans la conception actuelle d'économie tissulaire et de préparation à minima.

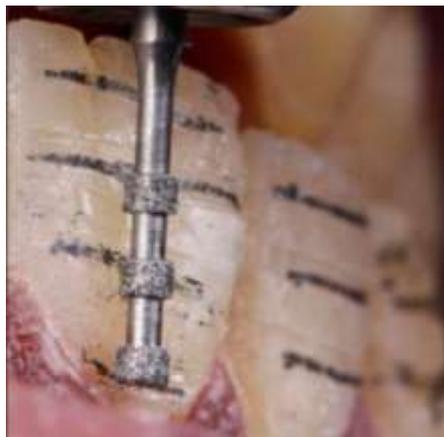


Figure 28 : Préparation avec une fraise à pénétration contrôlée à travers le mock-up issu du sourire numérique. (Source : <https://styleitaliano.org/>)

2.4.5. Interdisciplinarité

Les réhabilitations du sourire nécessitent dans la majorité des cas un traitement pluridisciplinaire faisant intervenir plusieurs spécialistes (omnipraticien, implantologiste, orthodontiste, parodontiste...)

Bien souvent, dans une prise en charge traditionnelle pour ce type de traitement, la transmission des informations est insuffisante entre les différents intervenants. Des difficultés apparaissent régulièrement en fin de traitement et conduisent à des compromis plus ou moins bien appréhendés par le patient.

Les outils de conception numérique du sourire sont aujourd'hui incontournables dans le cadre d'un traitement esthétique pluridisciplinaire (15). Ils permettent aux équipes soignantes de suivre une même direction thérapeutique favorable à l'intérêt du patient. Les compétences de chacun vont donc être utilisées pour arriver au même résultat final, alors que dans un traitement conventionnel, chacun a une idée différente du sourire envisagé.

Les fichiers de l'analyse et de la conception numérique peuvent être mis à la disposition de chaque intervenant à l'aide de systèmes de partage tel que Dropbox, GoogleDrive ou tout autre « cloud ». Le projet numérique initié par le praticien en charge du traitement, peut ensuite être complété par les différents spécialistes participant au traitement. Chacun peut apporter des modifications ou émettre des idées permettant un travail collaboratif efficace et quasi instantané.

Les techniques de prévisualisation de sourire permettent donc la mise en commun d'un projet pluridisciplinaire réunissant tous les éléments diagnostiques recueillis par l'équipe afin de rendre le traitement le plus prévisible et prédictible possible. Elles permettent également de planifier et d'expliquer au patient les différentes phases et la chronologie du traitement. Ce dernier, informé du déroulement de la démarche thérapeutique, pourra ainsi l'appréhender plus sereinement.

2.4.6. Contrôle et retour d'informations pendant le traitement

Les méthodes de conception numérique du sourire permettent une évaluation précise des résultats obtenus à chaque phase de traitement (21). Tous les spécialistes peuvent accéder aux photos initiales et au sourire numérique à tout moment et vérifier ce qui a été fait jusqu'alors. De nouvelles photos peuvent également être prises en cours de traitement. Une fois calibrées, elles permettent une comparaison simple entre les images « avant » et « après » ce qui permet de vérifier le bon cheminement du traitement. Si on s'éloigne de la planification initiale, on peut être amené à modifier le traitement ou à lui apporter des étapes complémentaires (24).

À la fin du traitement, il est important de conserver toutes ces images. Elles constitueront une ressource importante pour comprendre comment le cas a été traité et pourront aider le praticien ou ses confrères pour de futurs cas. Chaque bibliothèque d'image correspondant à un traitement sera un outil d'apprentissage.

2.4.7. Compatibilité avec la CAO/CFAO et d'autres logiciels

Certains logiciels de conception numérique du sourire sont compatibles avec la CAO/CFAO. Une fois le sourire numérique réalisé on peut exporter le fichier au format STL sur un logiciel de CAO. On superpose donc le futur sourire numérique sur l'empreinte optique représentant le sourire initial du patient. À l'aide des différents outils du logiciel de CAO on peut finaliser le wax-up digital (50). On réalise ensuite une impression 3D du wax-up numérique et on prépare une clef en silicone issue de ce modèle. Celle-ci nous permet de créer le mock-up ainsi que les réhabilitations provisoires. La compatibilité avec la CAO permet donc de s'affranchir de nombreuses étapes de laboratoire et de réaliser plusieurs étapes du traitement pendant le même rendez-vous (25).

Certains logiciels de conception numérique du sourire sont également compatibles avec des logiciels de planification implantaire et orthodontique.

2.5. Limites

2.5.1. Coût

Le prix de vente relativement élevé de certains logiciels spécialisés dans la conception numérique du sourire peut freiner la volonté de certains praticiens à recourir à ce type de technologie. Néanmoins il faut garder à l'esprit que la conception numérique peut être facturée avec tact et mesure, comme un acte non remboursé, ce qui peut permettre au praticien d'amortir l'investissement qu'il représente.

Par ailleurs, la prévisualisation du résultat final dans le cas de traitements complexes va augmenter les chances d'adhésion du patient à la thérapeutique proposée. En effet, le patient comprenant mieux le traitement, acceptera plus facilement des devis qui sont parfois d'un montant assez coûteux.

Des méthodes moins onéreuses existent. Il s'agit de celles utilisant des logiciels tels que Keynote®, Powerpoint® ou Photoshop®. Néanmoins la conception risque d'être plus longue et plus compliquée à réaliser.

2.5.2. Temps d'apprentissage

Certaines méthodes peuvent être chronophages, notamment celles utilisant des logiciels non spécialisés dans la conception du sourire. Les protocoles sont complexes et les étapes doivent être bien maîtrisées par le praticien. Les photographies doivent être prises dans les bonnes postures en choisissant les plans photographiques adaptés à la méthode au risque de commettre des erreurs importantes.

Les logiciels dédiés au sourire numérique règlent en partie ce problème puisque certains d'entre eux permettent une conception numérique en seulement quelques minutes. Certaines formations sont également proposées afin de mieux maîtriser les protocoles ou les logiciels dédiés. Enfin, une manipulation régulière et approfondie

de ces logiciels permettra également au praticien de s'approprier son utilisation et d'être de plus en plus à l'aise avec ces méthodes.

2.5.3. Standardisation du sourire

Un des risques amenés par l'utilisation des méthodes et des logiciels de conception du sourire est la création systématique d'un sourire standardisé. Il est donc nécessaire d'apporter une touche personnelle à chaque sourire en prenant en compte les facteurs socio-psychologiques de chaque patient. En aucun cas, ces outils ne doivent servir de standardisation aux traitements. Comme le rappelle B. Touati : « Un sourire est une signature ! ». Il faut donc garder à l'esprit qu'il existe autant de sourires que de patients traités.

2.5.4. Réalisation de simulation difficile à reproduire cliniquement

Les logiciels de conception du sourire permettent d'obtenir un résultat esthétique satisfaisant sur l'ordinateur. Il est cependant dangereux de montrer à un patient une simulation d'un sourire parfait lorsqu'on sait que le résultat numérique sera très difficilement réalisable cliniquement.

Parfois les situations initiales sont très complexes et il faut avertir le patient de la difficulté de réalisation du projet. Il est également important de jauger la motivation du patient ainsi que ses possibilités financières avant de lui montrer une simulation d'un sourire parfait. Il en est de même pour le praticien qui doit rester humble en évaluant ses compétences. En effet, le fait d'essayer de reproduire le sourire numérique peut parfois donner lieu à des plans de traitements très complexes. Si les promesses sont non tenues et que le résultat n'est pas celui montré initialement par l'ordinateur, ces logiciels peuvent s'avérer très décevants pour le patient et frustrants pour le praticien.

Partie 3 : Offre logiciel

- 1. Méthode de conception du sourire utilisant des logiciels non spécialisés**
- 2. Logiciels dédiés à la conception numérique du sourire**

3. Offre logiciel

3.1. Méthode de conception du sourire utilisant des logiciels non spécialisés

3.1.1. Digital Smile Design® (DSD)

Le Digital Smile Design® a été mis au point par deux Brésiliens : Christian Coachman (dentiste et prothésiste) et Livio Yoshinaga (architecte) en 2007 (97). Il s'agit de la première méthode de conception numérique du sourire dans la littérature et c'est également la plus utilisée.

Le but était de répondre aux besoins suivants :

- Améliorer la communication avec le prothésiste et les différents spécialistes
- Systématiser la consultation en dentisterie esthétique et obtenir un résultat prédictible (66)
- Donner au patient un rôle de co-auteur de son propre sourire

Le logiciel utilisé par le DSD est un simple logiciel de présentation comme Keynote® sur MacOs ou Powerpoint® sur Windows. Le protocole nécessite plusieurs photos et vidéos du patient. Celles-ci peuvent être prises à l'aide d'un smartphone ou d'un appareil numérique professionnel, le patient devant maintenir la même position jusqu'à la fin de la prise de clichés. Christian Coachman souligne par ailleurs que les photos peuvent être également obtenues à partir des vidéos en réalisant des captures d'écran (18).

Les 6 photos nécessaires sont :

- Une photo du visage de face avec les dents apparentes
- Une photo de face du visage avec des écarteurs photos
- Une photo de profil au repos
- Une photo de profil avec un sourire
- Une photo occlusale
- Une photo à douze heures du sourire

Les 4 vidéos sont les suivantes :

- Une interview de face pour voir le patient parler
- Un gros plan du patient en train de sourire et de compter pour observer la phonétique
- Des mouvements intra-oraux (protrusion et diduction) pour observer la fonction
- Une vidéo en vue occlusale structurelle

Une fois la documentation photographique terminée, les différentes lignes de référence et la ligne du sourire sont tracées sur la photographie (44). Des lignes verticales sont ensuite tracées entre chaque dent en respectant les proportions « Recurring Esthetic Dental (RED) » décrites par Ward (89). On détermine ainsi la largeur idéale à partir de la perspective frontale des incisives centrales, des latérales et des canines. Des cadres sont ensuite créés avec les proportions idéales de chaque dent en longueur et largeur (par exemple 80% pour les incisives centrales).

Plusieurs courbes sont ensuite tracées : la courbe gingivale, la courbe des papilles, la courbe du vermillon et la courbe de l'arcade en vue occlusale. Tous les éléments sont alors en place pour pouvoir dessiner le nouveau sourire du patient répondant aux critères esthétiques décrits dans la littérature (65).



Figure 29 : Exemple d'utilisation du DSD® montrant les cadres de proportions dans lesquelles les dents sont dessinées ainsi que les règles numériques. (Source : Coachman et Calamita, 2014)

Pour transmettre les données au prothésiste, afin qu'il réalise les wax-up correspondant au nouveau sourire, la règle numérique doit être calibrée. La largeur des deux incisives centrales est donc mesurée en bouche ou sur le modèle d'étude et est ensuite reportée dans le logiciel. Toutes les dimensions du sourire numérique peuvent donc être communiquées au prothésiste (84). Le mock-up issu des wax-up sera ensuite réalisé par le praticien. Une fois validé par le patient et le dentiste, les reconstitutions définitives peuvent être fabriquées et collées.

3.1.2. Aesthetic Digital Smile Design® (ADSD)

La méthode ADSD a été imaginée par le dentiste italien Valerio Bini en 2013 (95). Il décrit son protocole comme « un instrument unique dont l'utilisation est totalement adaptée au mode opératoire du concepteur du sourire ». Le docteur Bini n'impose pas un logiciel en particulier pour réaliser le protocole mais parle de logiciel d'édition de photographies et d'image. Cependant, dans les faits, le logiciel le plus utilisé pour réaliser l'ADSD est Photoshop® notamment parce qu'il dispose de l'outil de distorsion de l'image numérique qui est une des étapes essentielles du processus.

Comme pour toutes les autres méthodes, le protocole commence par l'acquisition de photos numériques plein cadre du patient. Celles-ci doivent être prises à l'aide d'un appareil réflexe numérique semi professionnel et sous un éclairage satisfaisant. La tête du patient doit être maintenue dans une position reproductible. Le plan esthétique est choisi dans cette méthode, c'est à dire perpendiculaire au plan qui passe par le centre de l'angle formé par les plans de Frankfort et de Camper. Les photos doivent être prises de face, à 45 degrés et de profil de chaque côté. Bini insiste également sur l'enregistrement de vidéos qui permettent d'analyser la dynamique du sourire (mimiques, composante phonétique, relation dento-labiale).

Pour étalonner le logiciel et obtenir des mesures réelles sur les photographies, le docteur Bini a créé un instrument de mesure appelé FATS (Face Analogic Transfer Support) qui se porte comme une paire de lunettes et qui comporte une graduation en millimètre et centimètre. Cependant des moyens de mesures conventionnels comme des règles ou des calibres à coulisses peuvent aussi être utilisés.

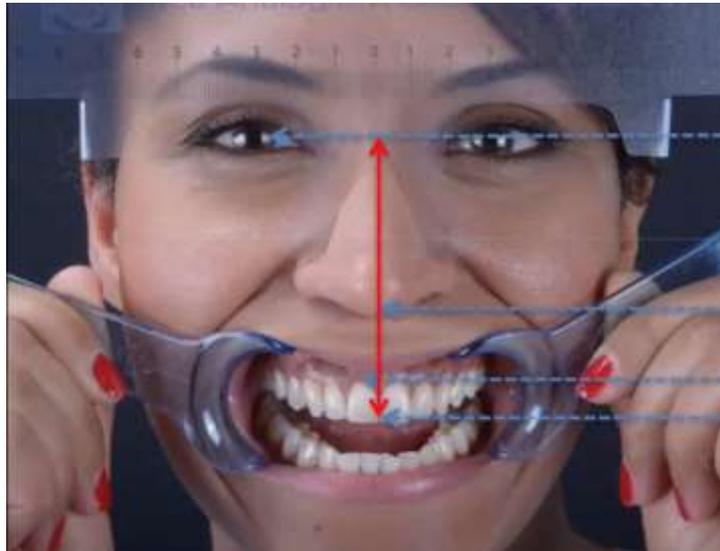


Figure 30 : On distingue, en haut de la photographie, le système FATS servant à l'étalonnage. (Source : Bini, 2014)

En amont de la conception du sourire, l'ADSD décrit une analyse poussée du visage et du sourire qui suit le cheminement macro-esthétique, mini-esthétique, micro-esthétique (7). L'analyse commence donc par le visage dans sa globalité pour zoomer de plus en plus vers les détails du sourire. Toutes ces différentes vues sont cartographiées en traçant les différentes lignes de référence grâce au logiciel.

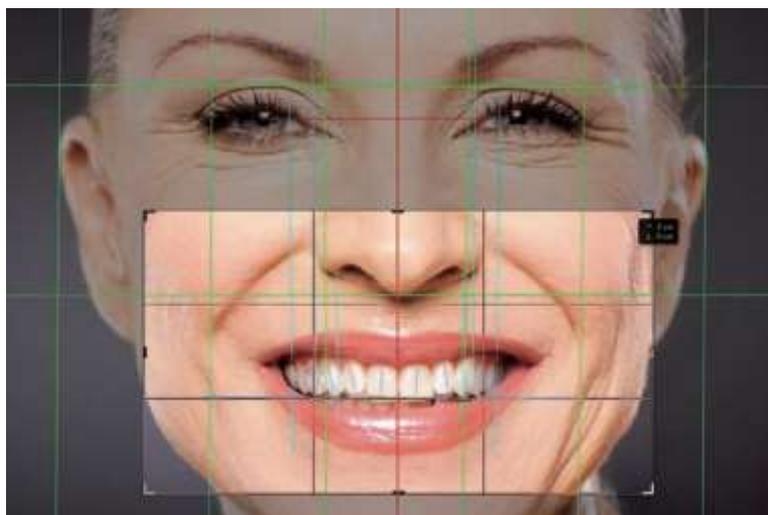


Figure 31 : Cartographie complète des plans macro, micro et mini esthétique avec le tracé de toutes les lignes de références. (Source : Bini, 2014)

Une fois la cartographie des différentes vues terminée, la technique consiste à copier et superposer sur le sourire initial, une image d'un sourire issue de la Base de Données de Photos Dentaires Numériques (BDPDN) qui est décrite dans le détail par le docteur Bini (9). Celle-ci comporte :

- Une bibliothèque de formes dentaires selon 5 formes anatomiques : triangulaires, ovales, rectangulaires, avec certaines variations, notamment carrées et trapézoïdales
- Une bibliothèque de dentures, de bouches complètes, alignées et esthétiquement idéales comme digident.com
- Une bibliothèque d'études de cas individuels composée de l'ensemble des cas cliniques des praticiens utilisant la méthode ADSD
- Une bibliothèque de dents préformées pour prothèse amovible que l'on peut trouver sur internet

Même si le dessin des formes dentaires est possible après la cartographie, le concepteur de la méthode précise qu'il n'est pas nécessaire et qu'il est préférable d'importer un sourire existant depuis la base de données qu'il décrit. On arrive ainsi au facteur essentiel de ce protocole qui est la déformation/distorsion de l'image dentaire numérique choisie (8). Celle-ci permet de modifier le sourire choisi dans la base de données afin de l'adapter au patient et à la cartographie réalisée précédemment. La déformation doit être efficace dans chaque direction aussi bien sur les contours que sur les surfaces dentaires, et surtout sur les lignes de transition. Il suffit de maintenir un clic avec la souris sur la dent et de se déplacer pour que l'image se déforme dans la direction choisie. L'outil de contrôle de l'opacité permet de visualiser le sourire initial en dessous du nouveau sourire pour vérifier la bonne adaptation de ce dernier.

À l'issue du protocole, le wax-up numérique obtenu peut être communiqué au prothésiste afin qu'il puisse à son tour fabriquer, dans les mêmes dimensions, les wax-up conventionnels en cire. Le mock-up sera ensuite fabriqué via une clef en silicone. Une fois validées, les reconstitutions finales seront effectuées.

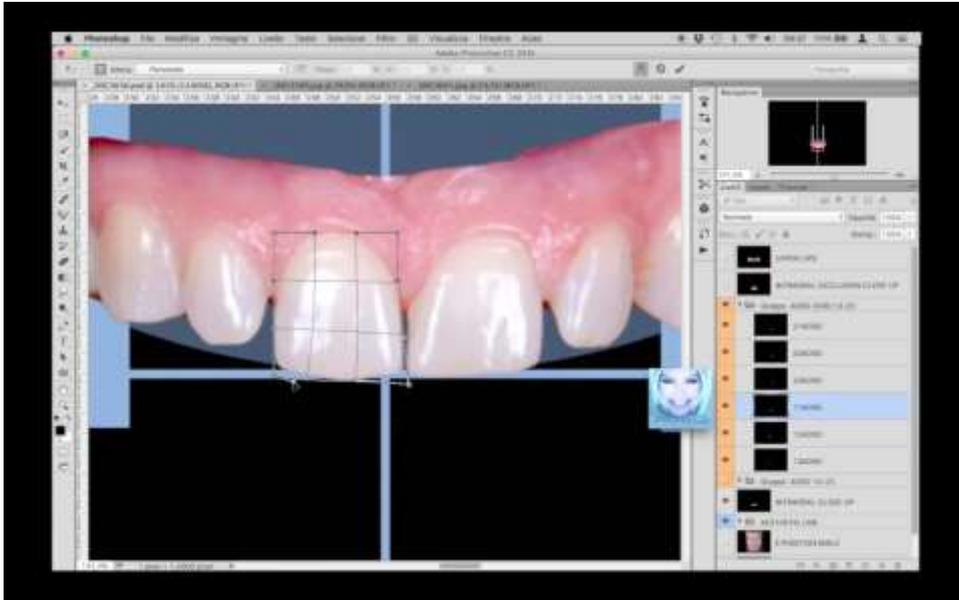


Figure 32 : Utilisation de la distorsion de l'image dentaire numérique. (Source : Bini, 2014)

Pour résumer, les points essentiels de la méthode ADSD sont :

- La cartographie des photographies dans les zones macro-esthétique, mini-esthétique et micro-esthétique
- L'importation d'un sourire issu de la Base de Données de Photos Dentaires Numériques décrite par le docteur Bini
- La distorsion d'image dentaire numérique permettant d'adapter le sourire choisi au patient.

3.1.3. Photoshop® Smile Design Technique

Cette méthode a été développée par le dentiste américain Ed McLaren en 2013. Comme son nom l'indique, le logiciel utilisé pour réaliser les différentes étapes du protocole est Photoshop® (Adobe Systems®) (59).

La première phase de conception est la création d'un « gabarit dentaire » qui servira de calque pour créer le futur sourire. Cela suppose donc que le praticien dispose

d'une bibliothèque de formes dentaires existantes issues de précédents traitements. Dans le cas contraire, celui-ci devra trouver une photographie de sourire attrayant et correspondant aux critères esthétiques du patient qui sont déterminés lors du premier entretien au sein du cabinet (60). La particularité de cette méthode réside donc dans ce point précis : on ne dessine pas un nouveau sourire mais on utilise un sourire existant que l'on adapte à une autre bouche. On s'affranchit donc du tracé de toutes les lignes et courbes ce qui simplifie le protocole. Le travail en amont est donc moins important mais le sourire obtenu semble moins personnalisé et adapté à la morphologie du visage du patient (29).

Les différents outils disponibles dans Photoshop comme le « lasso polygonal » ou le « crayon » permettent de suivre les contours du sourire choisi et de créer un calque. Ce tracé sera alors sauvegardé et conservé. L'auteur précise qu'en traçant des calques via la même méthode chez plusieurs patients et en les sauvegardant, on peut créer une bibliothèque de formes dentaires qui permettront de concevoir de nouveaux sourires dans les cas futurs.

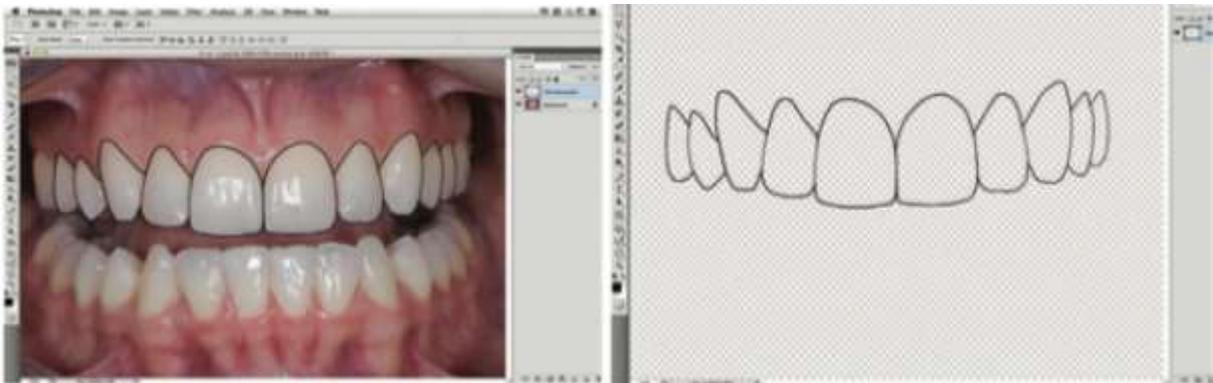


Figure 33 : Les contours d'un sourire satisfaisant ont été tracés (à gauche) puis isolés pour servir de calque (à droite) pour la création du nouveau sourire. (Source : McLaren, 2013)

Une étape d'étalonnage de l'outil « règle » du logiciel est nécessaire. Il faut donc mesurer la hauteur de l'incisive centrale du patient pour que Photoshop établisse la correspondance avec le nombre de pixels sélectionnés à l'écran.

L'étape suivante du protocole consiste à importer le « gabarit dentaire » choisi sur la photo intra-buccale du patient et à adapter ses proportions grâce à la fonction « transformation libre » qui permet d'élargir ou de rétrécir le calque. Les différentes dents du gabarit peuvent également être modifiées individuellement pour être adaptées au patient.



Figure 34 : Le calque issu du sourire choisi est superposé sur la photo intra-buccale du patient. (Source : McLaren, 2013)

L'outil « Warp » permet ensuite de modeler/façonner la dent existante pour qu'elle épouse la forme du nouveau contour proposé. Il faut ensuite répéter cette étape pour chaque dent. La dernière étape consiste à adapter la couleur grâce aux outils de modification de luminosité et d'exposition.

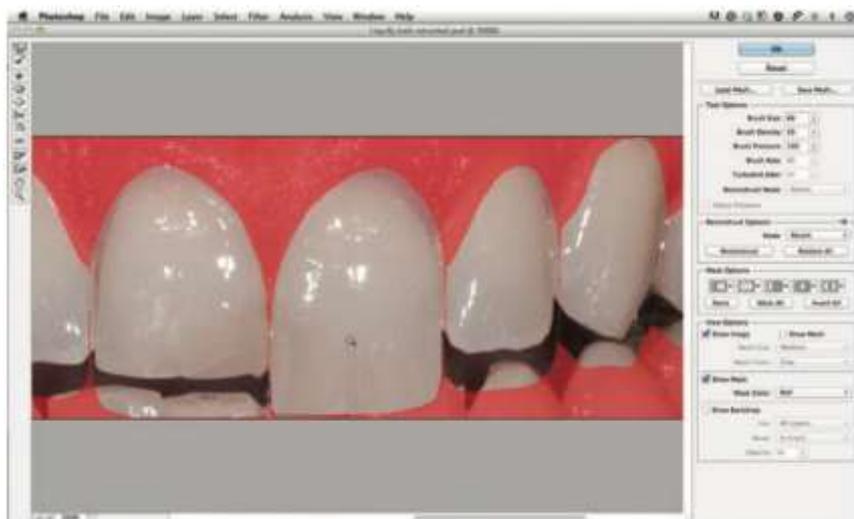


Figure 35 : Utilisation de l'outil « Wrap » permettant à la dent initiale d'épouser les contours du calque. (Source : McLaren, 2013)

Comme pour les autres méthodes, les mesures du nouveau sourire sont reportées sur le modèle d'étude pour que le prothésiste puisse créer un wax-up en cire conventionnel qui sera lui-même transformé en mock-up. Lorsque ce dernier sera validé, les restaurations définitives pourront être réalisées.

3.1.4. Virtual Esthetic Project (VEP)

Ce protocole de conception du sourire a été élaboré par un couple de prothésistes français, Hélène et Didier CRESCENZO. Le VEP peut être réalisé à l'aide du logiciel Keynote® ou Powerpoint®. Néanmoins certaines étapes facultatives, comme la découpe du sourire, nécessitent l'utilisation de Powerpoint uniquement (28).

Bien que proche de la méthode DSD®, car utilisant le même logiciel, le VEP se distingue par son protocole photo exigeant et rigoureux. Les inventeurs de ce concept mettent l'accent sur le fait que les photos doivent être obligatoirement prises à l'aide d'un appareil professionnel. Ils proposent d'ailleurs des solutions simples pour établir un studio photographique dans un cabinet dentaire (4). Selon eux, un simple appareil compact, une tablette ou un téléphone ne disposent pas d'objectif assez puissant ce qui entraîne une déformation de l'image et empêche alors une analyse précise (27).

La méthode VEP nécessite donc le bilan photographique suivant :

- Trois photos portraits de face : une les lèvres au repos, une avec un sourire posé et une avec un large sourire spontané.
- Trois photos antérieures intra buccales : une en OIM, une en bout à bout et une de la zone maxillaire avec un élément noir favorisant le contraste

Le patient et le dentiste ou prothésiste doivent être assis lors de la prise de photo et le photographe doit prendre appui sur un bureau ou sur un trépied pour plus de stabilité.

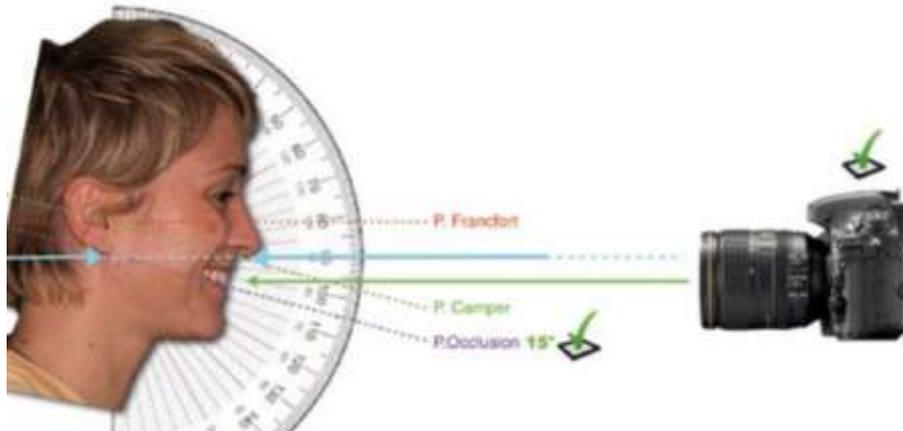


Figure 36 : Explication du plan à respecter lors de la prise de photographies.
(Source : Crescenzo, 2014)

La posture est primordiale dans l'analyse esthétique pour repérer les problèmes d'axes ou les asymétries. Pour trouver la bonne posture de la tête du patient dans les trois axes lors de la prise de photo, il faut faire apparaître le quadrillage sur l'appareil ce qui donne des repères lors de la prise des clichés. Dans l'axe transversal, le patient doit incliner la tête d'avant en arrière pour obtenir un alignement entre le point sous nasal et la partie basse des deux lobes d'oreilles.

Pour avoir une bonne posture dans l'axe vertical, il faut visionner une proportion similaire de la joue droite et de la joue gauche en prenant pour repère la distance entre la commissure des lèvres et le lobe d'oreille qui doit être équivalente de chaque côté. L'axe sagittal sera moins important que les deux premiers car il peut être corrigé de manière très simple par de nombreux logiciels grâce à l'outil de rotation d'image.

Les photos portraits et les photos intra-buccales doivent être prises selon les mêmes règles et avec la même posture car le but est de les superposer par la suite. Deux empreintes d'études maxillaires et mandibulaires seront également nécessaires.

Une fois le bilan photo terminé, il faut tracer sur les clichés les lignes de référence et les courbes suivantes qui permettront de cadrer l'analyse et de construire le futur sourire :

- La Ligne Bipupillaire LBP
- La Ligne Sous-Nasal LSN
- La Ligne du plan Incisif LPI
- La ligne de l'Axe Médian AM
- La courbe frontale incisive CFI

La largeur et la hauteur de chaque dent sont ensuite mesurées à l'aide d'un pied à coulisse en bouche ou sur le modèle d'étude et reportées en annotations sur la photographie. Cette étape permettra également d'étalonner à l'échelle réelle la règle virtuelle grâce au logiciel Keynote®.

On construit ensuite, grâce à l'outil « DESSIN », le masque esthétique c'est-à-dire les contours du nouveau sourire. Il sera alors facile d'ajouter ou de soustraire la différence entre le bord des masques et de la dent naturelle afin de calculer les dimensions de la future réhabilitation prothétique. Le report des mesures sur les modèles d'étude permettra la confection d'un wax-up en cire lui-même ultérieurement transformé en mock up en bouche à l'aide d'une clef en silicone en double mélange comme le décrit la partie sur le protocole de conception du sourire.



Figure 37 : Dessin du sourire réalisé par le VEP et tracé des différentes lignes de référence.
(Source : Crescenzo, 2014)

Les concepteurs proposent d'enregistrer chaque projet en fin de protocole afin de créer une bibliothèque de formes grâce aux différents cas réalisés et qui pourront être mobilisées lors de futurs traitements esthétiques.

Tableau 4 : Tableau comparatif des différentes méthodes de conception du sourire utilisant des logiciels non spécialisés. (Source : document personnel)

Tableau comparatif des méthodes de conception du sourire		CARACTÉRISTIQUES				
		Inventeur et nationalité	Année de publication	Logiciel utilisé	Nombres de photos nécessaires	Éléments clés du protocole
Méthodes/Protocoles	Digital Smile Design® (DSD)	Christian Coachman Livio Yoshinaga (Brésil)	2007	Keynote® (Mac) ou Powerpoint® (PC)	6 photos et 4 vidéos	Création de cadre aux proportions idéales décrites par la littérature pour guider le tracé du nouveau sourire
	Aesthetic Digital Smile Design® (ADSD)	Valerio Bini (Italie)	2013	Logiciel d'édition de photographie	6 photos et vidéo complémentaire optionnelle	Système FATS pour l'étalonnage Cartographie macro, mini et micro-esthétique Base de Données de Photos Dentaires Numériques Distorsion d'image dentaire numérique
	Photoshop® Smile Design Technique	Ed McLaren (U.S.A.)	2013	Photoshop® (Adobe Systems)	2 photos du patient et une photo d'un sourire attrayant	Création d'un « gabarit dentaire » à partir d'un sourire attrayant Adaptation du gabarit aux proportions du sourire du patient Utilisation du gabarit comme d'un calque pour créer le nouveau sourire
	Virtual Esthetic Project (VEP)	Hélène et Didier Crescenzo (France)	2014	Keynote® (Mac) ou Powerpoint® (PC) Et Photoshop® pour des étapes facultatives	6 photos	Protocole photo très complet et détaillé avec un appareil professionnel et des postures et des axes à respecter

3.2. Logiciels dédiés à la conception numérique du sourire

3.2.1. NemoSmile design® (2D) et NemoDSD® (3D)

Ces logiciels sont développés par l'entreprise espagnole Nemotec. Commercialisés par celle-ci pour la première fois en 2015, ils ont depuis été rachetés par Visiodent en 2017. La firme a alors sorti une toute nouvelle version de NemoSmile design® et NemoDSD®. Ces programmes ont été développés pour faciliter et systématiser la méthode Digital Smile Design® de Christian Coachman (102).

Ces logiciels permettent donc de réaliser une conception numérique du sourire de manière simplifiée et présentent les fonctions suivantes :

- la possibilité d'importer des séries de photographies et de les afficher dans la présentation du cas
- un système de mise à l'échelle et d'alignement automatique des photos sur les lignes de références horizontales et verticales permettant de les standardiser rapidement.
- un guide de proportions pour redessiner le sourire manuellement
- l'accès à une bibliothèque dentaire avec un large choix d'options et de formes pour sélectionner les dents les plus appropriées pour chaque patient.
- la possibilité d'un travail multidisciplinaire : il est possible de combiner ces logiciels avec d'autres logiciels Nemotec à visée implantaire ou orthodontique.

La différence entre les deux logiciels réside dans la dimension de conception du sourire. En effet, NemoSmile Design® permet une conception en deux dimensions uniquement sur une photographie frontale. Nemotec parle de wax-up photographique. De l'autre côté, NemoDSD® permet de créer un sourire dans les 3 dimensions de l'espace par le biais de l'importation d'empreinte optique et donc de modèle numérique au format STL. Ce logiciel nous offre les outils pour calibrer parfaitement le modèle numérique de la dentition du patient avec les photographies qui serviront à concevoir le sourire. Nemotec qualifie ainsi le résultat final de mock-up virtuel. La troisième dimension apporte également la fonction d'analyse occlusale.

Ces deux logiciels sont compatibles avec les scanners, les imprimantes 3D et les systèmes CBCT. Ils permettent de gagner beaucoup de temps en optimisant les processus et la communication entre les différentes applications et les différents supports.



Figure 38 : Le Logiciel NemoDSD® permet une conception du sourire en 3 dimensions directement sur le modèle numérique issu de l’empreinte optique. (Source : <https://www.nemotec.com/en>)

3.2.2. CEREC Smile Design®

Contrairement à d’autres logiciels, le Cerec Smile Design® n’est pas un système autonome. Il s’agit d’un module directement intégré à un logiciel de CAO/CFAO : le Cerec Chairside® (depuis la version 4.2. sortie en 2013) (96). Il est également disponible dans le logiciel InLab®. Ces deux licences sont distribuées par Dentsply-Sirona.

Dans un premier temps, il faut importer dans le logiciel la dentition du patient en trois dimensions. Pour ce faire, deux méthodes existent. La première consiste à scanner un modèle en plâtre conventionnel en trois dimensions. La deuxième est la réalisation d’une empreinte optique intra-orale. Cette dernière semble avoir plus de sens car elle permettra une visualisation des vraies couleurs notamment grâce à la

caméra Cerec actuelle Omnicam®. Le rendu sera alors beaucoup plus réaliste et naturel.

Après la réalisation du modèle virtuel, le processus Smile Design peut être lancé. Pour commencer, cela nécessite une photographie du patient de face en format portrait. Sur la photo, le patient doit sourire le plus naturellement possible avec une ouverture des lèvres à un degré moyen, de telle sorte que les dents et éventuellement une partie de la gencive soient visibles. L'appareil photo numérique utilisé doit être adapté à la photographie dentaire.

Une fois la photo sélectionnée elle peut être importée dans le logiciel. Elle sera alors visible sur l'écran à côté d'une tête virtuelle de coloration bleue appelée avatar. Le but est ensuite de projeter la photographie du patient sur l'avatar en trois dimensions. Pour ce faire, le praticien doit marquer en séquence 16 points caractéristiques sur la photographie du patient à l'endroit où ils ont été montrés de façon analogue par le logiciel sur l'avatar (45). Ce sont des zones caractéristiques et proéminentes du visage, telles que les coins des yeux et la pointe du nez et du menton. La distance réelle entre les deux coins latéraux des yeux est mesurée et doit être renseignée dans le logiciel : cette mesure est importante pour le calcul de la taille réelle de la tête.



Figure 39 : La photographie va être projetée sur l'avatar en trois dimensions (à gauche) grâce au marquage de 16 points caractéristiques. (Source : Klim, 2015)

Il ne s'agit donc pas d'une vraie reproduction du visage du patient en trois dimensions mais bien d'une représentation et d'une simulation par une projection d'une photographie en deux dimensions sur un avatar en trois dimensions qui est général et impersonnel.

Le modèle tridimensionnel de la dentition obtenu grâce à l'empreinte optique ou au scanner doit ensuite être placé dans la bouche virtuelle. Un outil permet d'automatiser cette étape. Il s'agit actuellement du point faible du logiciel car un ajustement précis de l'empreinte optique dans l'avatar n'est pas toujours directement obtenu ce qui nécessite un ajustement manuel complémentaire.



Figure 40 : L'avatar, la photographie et le modèle numérique sont superposés sur la même image pour permettre la conception du sourire. On obtient alors une simulation du visage en trois dimensions. (Source : Klim, 2015)

C'est à l'issue de ces différentes étapes que l'outil de conception du sourire est prêt à l'emploi. Il est accessible via le menu à chaque étape de la procédure de conception numérique. La conception numérique du sourire est donc ici synchronisée à la conception de la future restauration (79). Une fois que le sourire numérique est validé par le patient, la restauration peut être fraisée par l'usineuse à partir d'un bloc de polymère avec une épaisseur minimum et encliqueter sur les propres dents du patient ce qui servira de mock-up et donnera au patient une impression représentative de la future restauration. Il est également possible d'imprimer la conception finale en 3D et de le reporter en bouche avec une clef de transfert en silicone.

Après validation du mock-up, le praticien peut réaliser les préparations dentaires. Une nouvelle empreinte optique de celles-ci est ensuite effectuée et importée dans le logiciel. Les restaurations provisoires peuvent là encore être usinées dans des blocs de polymères. Elles permettront une projection du résultat final mais elles seront également appropriées dans le cadre d'une restauration transitoire à long terme. Par la suite, les restaurations définitives seront usinées et collées puis pourront être comparées à la conception numérique effectuée au préalable.

3.2.3. 3Shape Smile Design®

3Shape® est une société danoise fondée au début des années 2000. A l'instar du CEREC Smile Design®, le logiciel 3Shape Smile Design® est un module directement intégré au logiciel de CAO/CFAO 3Shape Dental System® depuis 2015. Une toute nouvelle version totalement repensée et co-développée par Livio Yoshinaga (cofondateur du Digital Smile Design®) est sortie en septembre 2017 (94).

Pour commencer le protocole, qui est basé sur les principes de la méthode du DSD®, une photo frontale du sourire intégral doit être importée dans le logiciel. Si on ne voit pas suffisamment les gencives sur celle-ci, une deuxième photo prise avec des écarteurs sera nécessaire. Ce logiciel est également un de ceux qui proposent le plus de formes dentaires avec pas moins de 50 modèles présents dans sa bibliothèque. Un outil de sélection de la teinte permet également de modifier les couleurs des dents existantes.

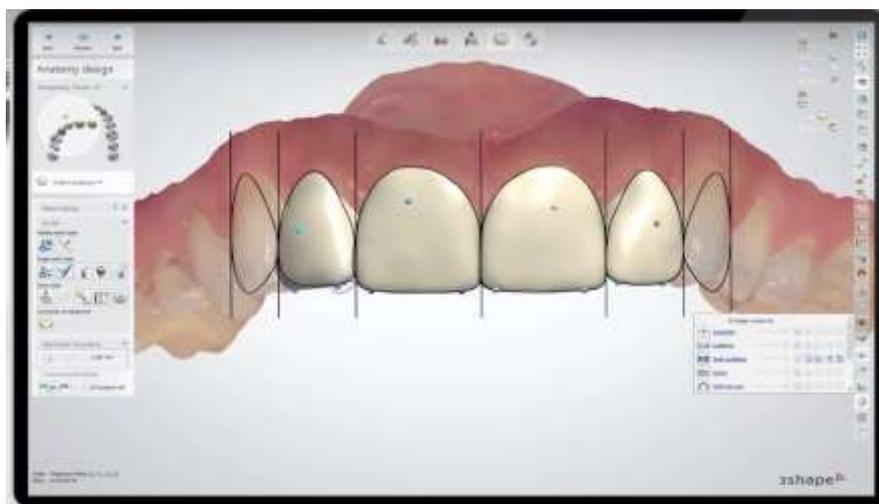


Figure 41 : Inclus dans le logiciel de CFAO, 3Shape Smile Design® permet une conception numérique du sourire en même temps que la phase de conception des restaurations. (Source : <https://www.3shape.com:443/en>)

Une des caractéristiques spécifiques de 3Shape Smile Design® réside dans sa capacité à aligner automatiquement le modèle en trois dimensions issues de l’empreinte optique à la photographie du patient en deux dimensions après avoir indiqué seulement quatre points correspondants entre les deux images. Cette fonction que le fabricant appelle « RealView » permet une superposition du sourire dessiné à l’aide du module de Smile Design sur le modèle numérique au format STL.

3.2.4. Digital Smile System®

Digital Smile System® est un logiciel créé en 2013 permettant de réaliser un projet numérique de réhabilitation esthétique et fonctionnelle du sourire grâce à des outils simples et automatiques qui reprennent les différentes étapes des méthodes comme le DSD® ou l’ADSD décrites dans la partie précédente mais en facilitant leur réalisation (99).

Le logiciel nécessite uniquement deux images : une photographie montrant le patient avec le visage le plus naturel possible et une photographie intra-orale avec des écarteurs photos. La particularité de ce logiciel repose sur l’utilisation d’une paire de lunettes spécifiques que le patient doit porter lors de la prise des photographies. Elles permettent à la fois un alignement automatique des images grâce aux points de référence présents sur leur monture mais également un étalonnage automatique autorisé par un algorithme qui convertit les pixels en millimètres. Le logiciel effectue ainsi des mesures précises et permet d’observer correctement les symétries et les proportions (11).



Figure 42 : Les lunettes spécifiques portées par la patiente permettent au logiciel un alignement et un étalonnage automatique des photographies grâce aux points remarquables présents sur la monture.
(Source : <http://www.digitalsmilessystem.com/en/>)

Une bibliothèque de dents naturelles est également disponible, elle comporte neuf formes dentaires différentes. Par ailleurs, le logiciel propose une fonction de dessin libre permettant de répondre à toutes les demandes des patients. Le traitement des patients édentés est également possible grâce au Digital Smile System®.

À la fin de la réalisation du projet numérique, un rapport complet comportant toutes les informations dont le prothésiste a besoin pour réaliser les restaurations prothétiques, ainsi que toutes les images et actions réalisées par l'opérateur, est édité au format PDF.

La seule carence de ce logiciel est l'absence de compatibilité directe avec des systèmes de CAO/CFAO. Il donnera seulement la possibilité d'aligner une photographie du visage du patient avec une photo d'un modèle ou une capture d'écran à partir d'un logiciel de CAO.

3.2.5. GPS 3D Smile Design®

Ce logiciel indépendant est un précurseur en terme de conception numérique du sourire car il a été développé en 2006 au Canada par le docteur Methot. 3D Smile Design® de Dental GPS est un programme de simulation qui présente aux dentistes les outils nécessaires à l'amélioration du sourire et à la transmission de toutes les mesures nécessaires au prothésiste pour réaliser le wax-up correspondant. Il est possible d'acheter la licence pour réaliser les sourires soi-même mais également de faire réaliser l'analyse par l'équipe de Dental GPS® en mettant la photographie du patient sur un serveur (100).

Ce logiciel ne présente pas autant d'outils que les autres pour la conception du sourire mais il possède une particularité importante. Son fonctionnement repose sur un algorithme développé par le docteur Méthot, appelé la « règle M » (62). C'est un outil diagnostique basé sur la largeur des incisives centrales maxillaires et la largeur de l'arcade maxillaire du patient et qui permet d'afficher l'emplacement idéal de toute les dents du sourire. Le docteur Méthot part du principe que la règle d'or incarnée par le rapport 1 : 1,618 n'est acceptable que jusqu'à la canine et pas pour les dents plus postérieures sur une photo frontale. Il précise également que cette règle ne peut

pas être appliquée de manière universelle à tous les patients. Pour obtenir un bon résultat esthétique, il a donc créé la « règle M » qui est obtenue en modifiant la règle d'or grâce à une formule mathématique relative à la distance inter-molaire de chaque patient, représentant la largeur de l'arcade et la largeur des incisives centrales.

Pour permettre l'analyse des proportions, la photo est prise de face avec le plan horizontal de Francfort du patient parallèle au sol (63). Une seule photo faciale est nécessaire. Les plans de référence utilisés sont la ligne médiane de la face et la ligne de la lèvre supérieure contrairement aux autres logiciels qui utilisent la ligne bipupillaires. L'outil « arc facial » du logiciel permet de s'ajuster le long des bords incisifs et de la ligne médiane du patient. La photo est alors automatiquement agrandie pour placer la « règle M » sur le visage (32).

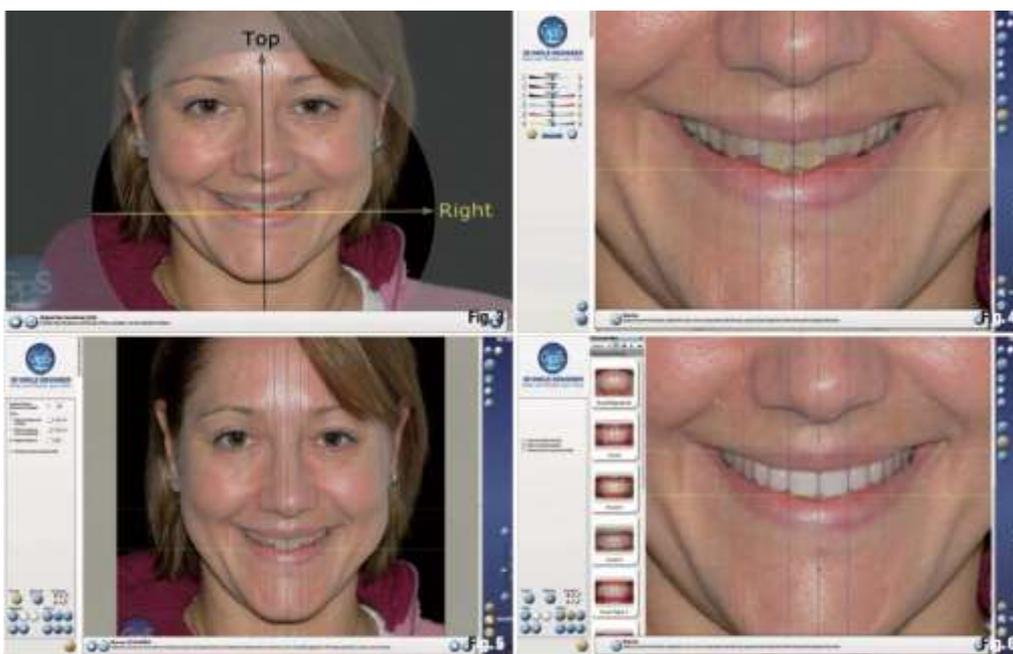


Figure 43 : La « règle M », tracée par le logiciel, guide le praticien pour l'élaboration du sourire numérique. (Source : <https://www.elitesmileacademy.com/le-logiciel-dental-gps/presentation>)

Une fois le sourire recréé selon les proportions données par la règle M, on peut transmettre les données au prothésiste pour qu'il fabrique des wax-up conventionnels dans les mêmes dimensions. La compatibilité avec la CAO/CFAO n'existe pas avec ce logiciel. Le seul moyen décrit par l'auteur pour combler ce manque est de scanner en trois dimensions les wax-up en cire mais on ne peut pas parler de compatibilité directe.

3.2.6. Smile Designer Pro®

Smile Designer Pro® est un logiciel développé par la société Tasty Tech basée au Canada. La première version est sortie en 2015 et la troisième et dernière est disponible depuis juillet 2017 (106). Deux versions sont disponibles : une version dite d'apprentissage, très abordable mais dont l'utilisation est limitée. Et une deuxième beaucoup plus onéreuse permettant de se servir de tous les outils et de toutes les fonctionnalités dont le logiciel dispose.

Pour construire le sourire numérique, une seule photo est nécessaire : une photographie frontale du sourire intégral. Néanmoins des photos complémentaires peuvent être utilisées, comme une photo avec des écarteurs pour dégager le sourire et la gencive, une photo à 12 heures et une photo en vue occlusale. Le logiciel permet un alignement automatique de la photo de face avec la ligne bipupillaire qu'il trace automatiquement.

Dans son utilisation, l'interface du logiciel se rapproche beaucoup de la méthode de conception numérique via Photoshop. Néanmoins ce logiciel simplifie grandement la méthode en automatisant de nombreuses étapes et en proposant douze modèles de formes dentaires pré-dessinées. Tasty Tech promet ainsi une conception du sourire en dix minutes.

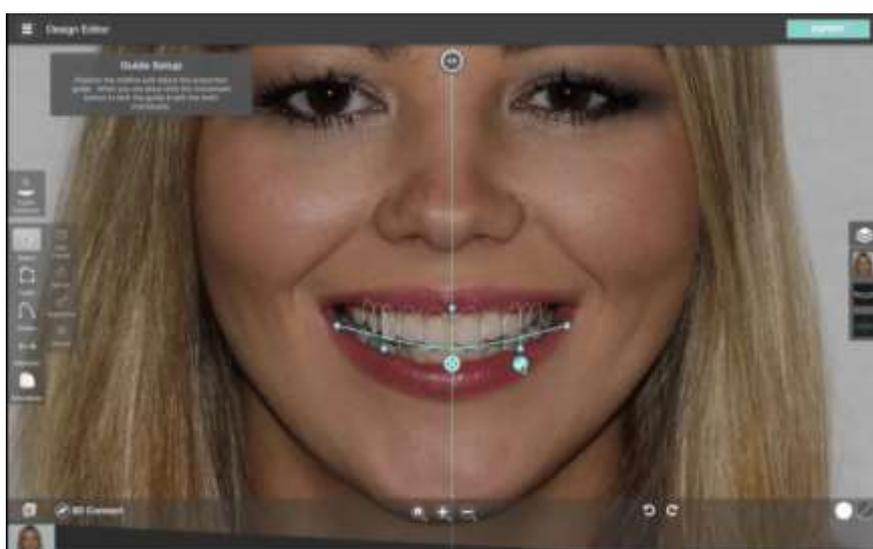


Figure 44 : L'interface d'utilisation du logiciel Smile Designer Pro® se rapproche beaucoup de celle de Photoshop® utilisé pour la méthode de l'ADSD, mais en reprenant les étapes du DSD.
(Source : <https://www.smiledesignerpro.com/>)

Les contours du sourire peuvent être projetés en arrière-plan durant l'utilisation de logiciels de CAO/CFAO et servir de calque sur le modèle 3D lors de l'étape de la conception des restaurations.

3.2.7. Smiletron®

Smiletron® est un logiciel de conception numérique du sourire commercialisé depuis 2014 par la société Enable Development LTD installée à Malte. L'inventeur de ce système est le Dr. Aldo Amato, chirurgien-dentiste italien.

Le fonctionnement de ce logiciel diffère beaucoup des autres. Trois photographies sont nécessaires : une photo de face avec un sourire, une photo de face les lèvres fermées et une photo en occlusion avec des écarteurs. Des radiographies doivent également être importées. À la suite de cela, de nombreuses mesures doivent être renseignées et différentes lignes doivent être tracées grâce à un placement successif de points anatomiques demandés par le logiciel (le contour du visage, par exemple). La préparation et le travail en amont sont donc plus longs que pour les autres systèmes de conception numérique du sourire qui ne demandent bien souvent qu'une seule mesure pour l'étalonnage (105).

Ici, l'acquisition de mesures précises et réelles sur le patient est une étape essentielle. Une liste de vérification est proposée par le logiciel afin de garantir l'enregistrement correct des données.

Celui-ci dispose aussi d'un système de contrôle de la fiabilité de l'étalonnage réalisé appelé le « CREX » qui indique le pourcentage de variation. Cette fonction permet de détecter les mesures atypiques ou celles qui pourraient dériver d'une évaluation incorrecte des mesures réelles du patient et qui doivent être vérifiées. Grâce à ce système, le praticien peut vérifier s'il a effectué un étalonnage précis. Dans le cas contraire, il lui suffira d'étalonner à nouveau la photo ou de revérifier les mesures prises sur le patient.

Une fois que toutes les mesures et points anatomiques nécessaires sont renseignés, Smiletron® utilise un algorithme mathématique complexe pour construire le sourire « idéal » qui sera parfaitement adapté au visage du patient.

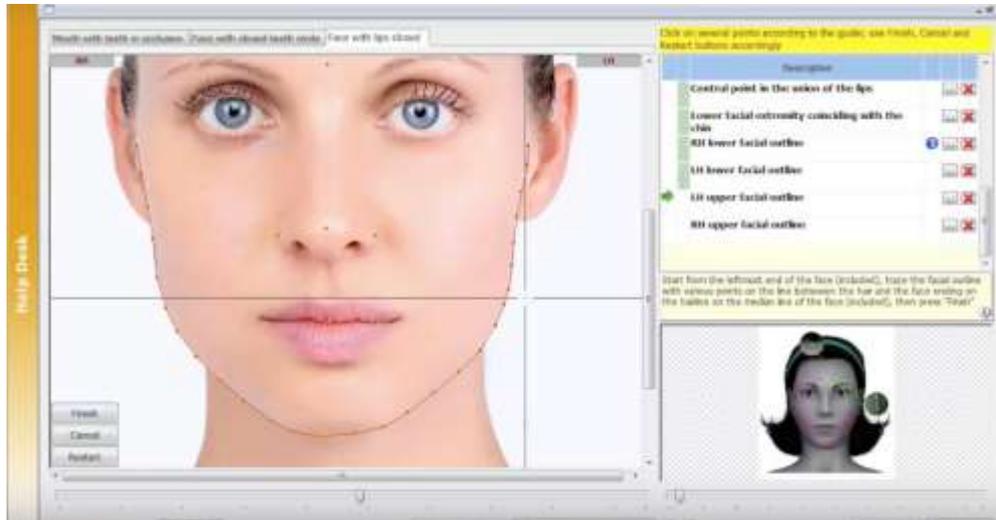


Figure 45 : Le travail en amont est beaucoup plus important : le logiciel demande au praticien de placer de nombreux points de référence sur les différentes photographies.
(Source : <http://www.smiletron.com/fr/>)

Le logiciel calcule ses proportions en comparant nos mesures avec environ 280 paramètres, dont 170 sont basés sur les connaissances scientifiques actuelles dans le domaine de la dentisterie esthétique. Le processus implique environ 20 000 étapes de calcul de traitement d'algorithmes mathématiques, géométriques et statistiques afin de créer un nouveau sourire. Le Dr. Amato prétend ainsi que le système peut simuler le raisonnement humain et se servir de facteurs émotionnels ce qui lui offre une véritable valeur ajoutée.

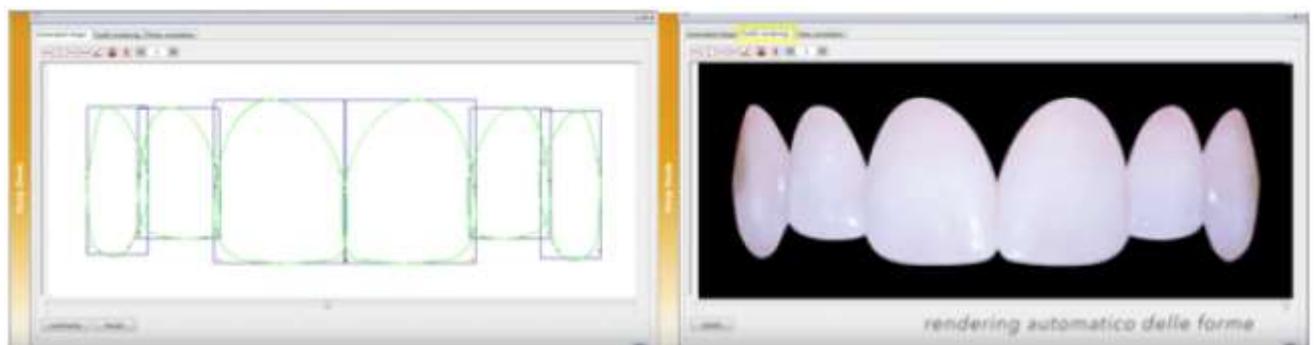


Figure 46 : Smiletron® crée automatiquement un sourire aux proportions « idéales » calculées par un algorithme très complexe. (Source : <http://www.smiletron.com/fr/>)

Une fois que le logiciel a pu synthétiser les données esthétiques qu'il a au préalable calculé, il nous fournit les dimensions idéales des dents composant le nouveau sourire mais également les indications synthétiques de traitement visant à l'amélioration du sourire. Ce point le différencie également des autres systèmes car il est le seul à proposer les traitements permettant de parvenir au sourire qu'il a construit. Il puise les thérapeutiques possibles dans tous les domaines de la dentisterie et la médecine esthétique (orthodontie, odontologie conservatrice, prothèses, parodontologie mais également chirurgie buccale et médecine esthétique). Ce système définit donc la situation de départ du patient et planifie les traitements recommandés de manière autonome. Cependant il est important de rappeler qu'il s'agit seulement d'une aide à la décision mais que tous les traitements doivent être évalués et approuvés par le chirurgien-dentiste.

Smiletron® n'est pas compatible avec des logiciels de CAO/CFAO. Cependant à la fin du processus, les résultats de l'élaboration sont édités au format PDF ce qui permet de transmettre au prothésiste toutes les mesures du sourire conçues par le logiciel afin qu'il fabrique le wax-up en cire correspondant.

3.2.8. Romexis Smile Design®

Romexis Smile Design® est un logiciel développé par la société finlandaise Planmeca. Il est disponible à l'achat depuis 2015. Il peut être utilisé de façon autonome ou couplé à d'autres logiciels conçus par Planmeca notamment d'imagerie ou de planification implantaire (104).

Afin de construire le sourire numérique, le protocole du logiciel nécessite deux photos : une photo de face frontale avec un sourire naturel et une avec les lèvres éloignées par un écarteur photo. Un des points forts de ce système réside dans les nombreux outils qu'il propose afin de concevoir le sourire. Au-delà de la bibliothèque de 5 formes de dents proposées, le logiciel mesure automatiquement la largeur et la hauteur des dents puis calcule automatiquement les proportions idéales en fonction du nombre d'or. Il peut modifier simultanément la longueur et la largeur de toutes les dents. Romexis Smile Design® se distingue également en intégrant le nuancier VITA® Classical dans ses outils : cela lui permet de détecter la couleur actuelle des

dents sur les photographies du patient et d'en choisir une nouvelle sur le teintier. La transparence et la texture de la dent peuvent également être modifiées et un outil pour redessiner la gencive est également disponible.

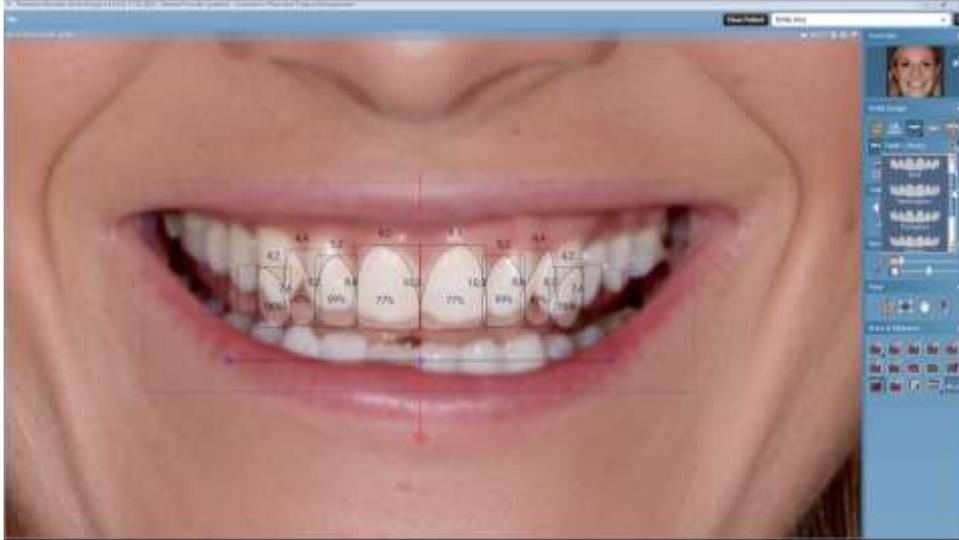


Figure 47 : Romexis Smile Design® calcule automatiquement les proportions dentaires idéales en fonction du nombre d'or. (Source : <https://www.planmeca.com/fr/smiledesign/Conception-de-sourire-numerique/>)

À la fin de la conception, le sourire numérique peut être exporté vers de nombreux logiciels de CAO/CFAO ou d'orthodontie. Comme pour d'autres logiciels, un rapport PDF peut également être édité avec toutes les informations concernant le nouveau sourire (51).

3.2.9. G Design® et DSD Connect®

DSD Connect® a été créé par Marius Hack en 2013 avec la collaboration de Christian Coachman et Livio Yoshinaga (inventeur de la méthode Digital Smile Design®).

G Design® est un logiciel conçu en 2015 par le même développeur ayant fondé la société roumaine Hack dental (101).

Ces deux logiciels sont regroupés ici car leur fonctionnement repose sur le même principe. Ils permettent de créer une conception numérique du sourire, d'en extraire les contours et de les exporter ensuite sur un logiciel de CAO/CFAO où ils serviront de guide de référence lors de la conception de la restauration. Pendant le processus

de conception via CAO, les logiciels G Design® ou DSD Connect® sont masqués en arrière-plan ou dans la barre latérale, mais restent actifs.



Figure 48 : Sur cet exemple, les contours du sourire créés par DSD Connect sont importés dans le logiciel Cerec Chairside et permettent de guider la conception de la restauration. Le logo de DSD Connect est visible en haut à gauche car il reste ouvert en arrière-plan. (Source : <http://hackdental.software/>)

Le grand intérêt de ces deux logiciels est leur compatibilité avec tous les logiciels dentaires de CAO/CFAO en trois dimensions. Ils créent donc une interface liant la conception du sourire en deux dimensions sur une photographie et les logiciels de conception des restaurations prothétiques en 3 dimensions (CAO/CFAO).

L'avantage de G Design® par rapport à DSD Connect® réside dans l'automatisation de son utilisation. Il ne nécessite qu'une seule photo frontale avec un sourire intégral contre quatre (frontale, occlusale, de profil et à 12 heures) pour DSD Connect®. En ajoutant automatiquement ou manuellement deux points de référence du visage, G Design®, calculera l'angle de rotation du visage et indiquera les axes de référence, la courbe du sourire et les lignes directrices. Ainsi, la construction du sourire sera mathématiquement guidée par le logiciel qui prendra en compte le lien entre les axes faciaux et la courbe du sourire.

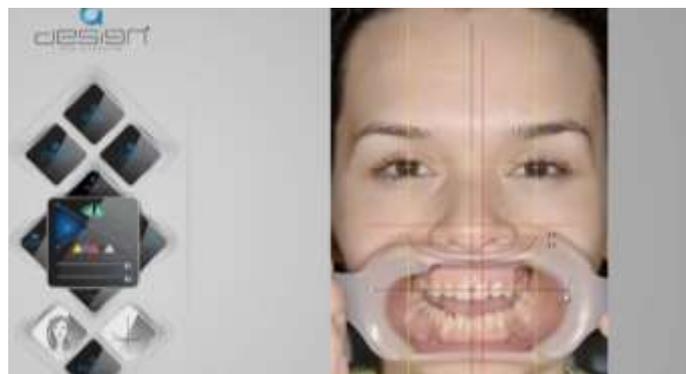


Figure 49 : Conception du sourire automatisée par le logiciel G Design® qui place automatiquement les lignes de référence. (Source : <http://hackdental.software/>)

3.2.10. DSDApp®

Cette application pour tablette a été créée par le Dr. Coachman en 2017. Elle permet de réaliser des sourires numériques grâce au protocole du DSD®, en guidant le praticien et en simplifiant grandement les étapes comparativement à la méthode d'origine (98).

La plus grande contrainte dans la méthode initiale du DSD® réside dans le protocole de prise de photographies du patient qui doivent toutes répondre aux mêmes critères. Une documentation de cas inexacte augmentera le risque d'erreur et le temps de planification puisque des corrections longues seront dès lors nécessaires. La DSDApp® règle ce problème en réalisant une capture automatique : il suffit de tenir la tablette devant le patient et l'application prend la photographie quand elle reconnaît la position idéale du visage pour la conception du sourire. De plus, elle scanne les images, les redimensionne, les fait pivoter et les superpose de manière automatique avec un résultat très précis. Une autre particularité très intéressante de l'application repose sur la possibilité de réaliser des captures d'écran à chaque étape clé du protocole DSD®. Ainsi, à l'issue du protocole, on obtient le cheminement de la conception du sourire et un récapitulatif de toutes les modifications effectuées.

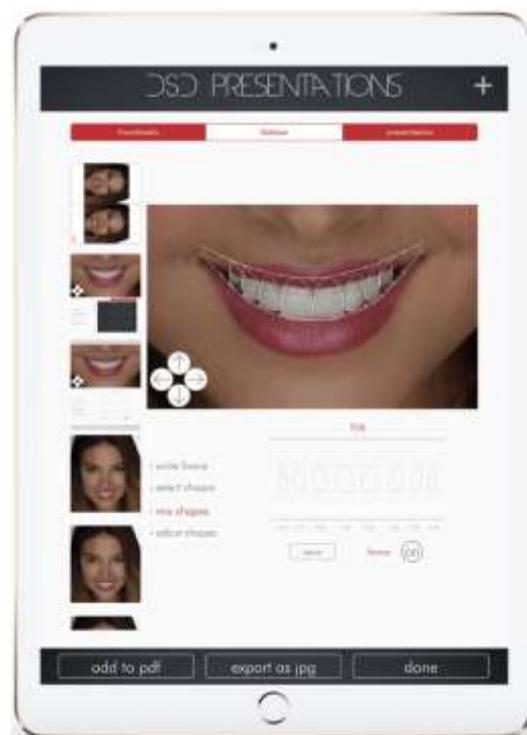


Figure 50 : Un aperçu de l'interface d'utilisation de la DSDApp® sur Ipad.
(Source : <https://www.digitalsmiledesignapp.com>)

L'application propose deux modes d'utilisation. Le premier mode est une simulation du sourire simple nécessitant une photographie de face du visage avec le patient souriant et une seconde photo avec des écarteurs. L'utilisation d'une vidéo est possible mais pas obligatoire. Elle permet une meilleure visualisation des résultats pour le patient. Le deuxième mode est une simulation avancée du sourire. Il faut alors ajouter aux photos précédentes un modèle en trois dimensions de la dentition du patient au format STL issu d'une empreinte optique (91). Une fois terminé, le sourire numérique pourra alors être exporté vers des logiciels de CAO/CFAO.

Tableau comparatif des logiciels de conception du sourire		CARACTÉRISTIQUES							
		Nom de la société /pays d'implantation	Nom du développeur	Année de sortie	Nombre de photos nécessaires	Compatibilité CAO/CFAO	Spécificité du logiciel	Support d'utilisation	Prix de la licence
LOGICIELS	NemoSmile design® (2D)	Nemotec (Espagne) puis Visiodent (France)	Christian Coachman	2015	2	Non	Conception d'un wax-up photographique	PC	1500 euros
	NemoDSD® (3D)	Nemotec (Espagne) puis Visiodent (France)	Christian Coachman	2015	2 et un modèle STL	Oui	Conception du sourire en trois dimensions	PC	3500 euros
	CEREC Smile Design®	Dentsply Sirona (U.S.A.)	Non renseigné	2013	1 et un modèle STL	Oui, module intégré à un logiciel de CFAO	Superposition d'une photo en 2D sur un avatar en 3D	Moniteur fourni	Vendu avec Cerec Chairside ou InLab
	3Shape Smile Design®	3Shape (Danemark)	Livio Yoshinaga	2015	1 et un modèle STL	Oui, module intégré à un logiciel de CFAO	50 formes de dents disponibles	Moniteur fourni	Vendu avec 3Shape Dental System
	Digital Smile system®	DSS Srl (Italie)	Non renseigné	2013	2	Non	Utilisation d'une paire de lunettes spécifiques	PC et Mac iPad	949 euros
	Smile Designer Pro®	Tasty Tech (Canada)	Non renseigné	2015	1	Oui, utilisation en arrière-plan	Interface proche de Photoshop et protocole proche du DSD	PC et Mac Tablettes	999 dollars
	Romexis Smile Design®	Planmeca (Finlande)	Non renseigné	2015	2	Oui	Nuancier Vita intégré et calcul de proportions idéales	PC et Mac	29 dollars par mois
	Smiletron®	Enable Development LTD (Malte)	Aldo Amato	2014	3	Non	Calcul des dimensions idéales du sourire + proposition de traitements	PC et Mac	Version start, 588euros Version Plus, 2100euros
	GPS 3D Smile Design®	Dental GPS (Canada)	Alain Methot	2006	1	Non	« Règle M » donnant les proportions idéales	PC	1990 dollars
	DSD APP®	DSDApp LLC	Christian Coachman	2017	3	Oui	Photo et captures d'écran automatiques	Tablettes (exclusif)	799 dollars
	G Design®	Hack Dental (Roumanie)	Marius Hack	2013	1	Oui, utilisation simultanée	Création d'un calque pour guider la CFAO	Windows	999 dollars
	DSD Connect®	Nemotec (Espagne)	Hack Coachman Yoshinaga	2015	4	Oui, utilisation simultanée	Création d'un calque pour guider la CFAO	Windows	989 dollars

Tableau 5 : Tableau comparatif des différents logiciels spécialisés dans la conception du sourire. (Source : document personnel)

Partie 4 : Essais de différents logiciels de conception du sourire à travers un cas clinique

- 1. Présentation du cas clinique**
- 2. Essai de la méthode du Digital Smile Design® avec le logiciel Keynote®**
- 3. Essai du logiciel Smile Designer Pro®**
- 4. Essai du module CEREC Smile Design®**
- 5. Essai de la combinaison de deux logiciels : Smile Designer Pro® et Cerec Smile Design®**

4. Essais de différents logiciels de conception du sourire à travers un cas clinique

4.1. Présentation du cas clinique

4.1.1. Présentation de la patiente

Pour pouvoir comparer les différents logiciels, le choix a été fait de garder le même cas clinique pour chaque protocole. La patiente s'appelle Pauline S. Elle est âgée de 25 ans et étudie à la faculté d'odontologie de Nancy.

Après avoir mené un entretien avec la patiente, il semble qu'elle déplore plusieurs points négatifs au niveau de son sourire :

- Elle est d'abord particulièrement gênée par un diastème entre ses deux incisives centrales maxillaires qu'elle trouve très disgracieux.
- Elle insiste aussi sur le fait que le bord libre amélaire de 11 et 21 est « usé » et qu'un éclat amélaire en distal du bord libre de la 11 est présent.
- La patiente est aussi gênée par un sourire « gingival » avec une ligne du sourire haute. Elle se plaint ainsi de la quantité de gencive trop importante visible lors du sourire.

4.1.2. Analyse clinique et esthétique

- Examen général

Âgée de 25 ans, la patiente présente une bonne santé générale. Elle ne prend aucun traitement médicamenteux et ne fait aucune allergie.

- Examen clinique dentaire et parodontal

A l'examen clinique, on note en bouche la présence de :

- Un amalgame occluso distale sur 27
- Une couronne céramo-métallique sur 16
- Un recouvrement légèrement augmenté (2mm)

Les soins réalisés sont satisfaisants et aucune lésion carieuse n'est présente à l'examen dentaire. La patiente présente également une bonne santé parodontale. Un sondage de 3mm a été mesuré au niveau des dents antérieures.

- Analyse esthétique

Pour réaliser l'analyse esthétique, nous avons utilisé la « carte d'identité du sourire » décrite en première partie et présente en annexe de ce travail. Nous avons donc pris en photo la patiente pour obtenir les 4 images nécessaires et avons réalisé les différents tracés afin de remplir ce questionnaire. Les informations et les commentaires ajoutés sont écrits en bleu sur le document.

« Carte d'identité du sourire »

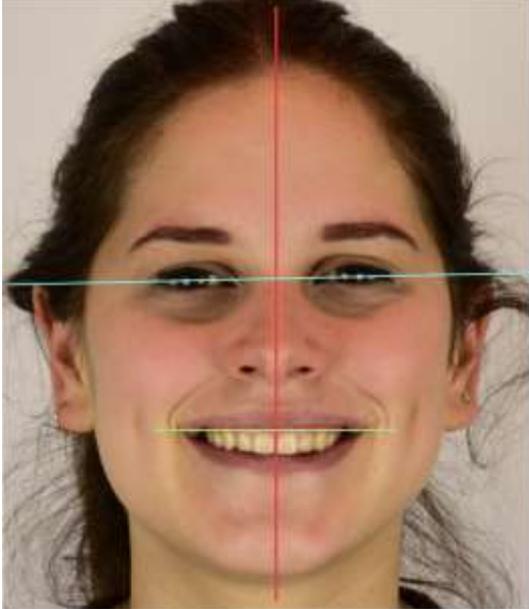
Patient

Nom : S.

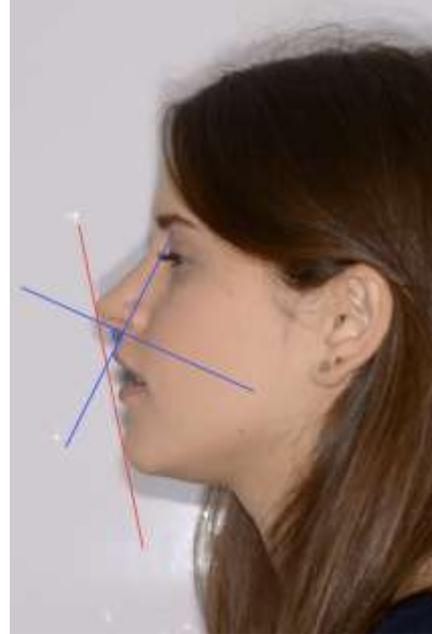
Prénom : Pauline

Date de naissance :

1) Visage de face



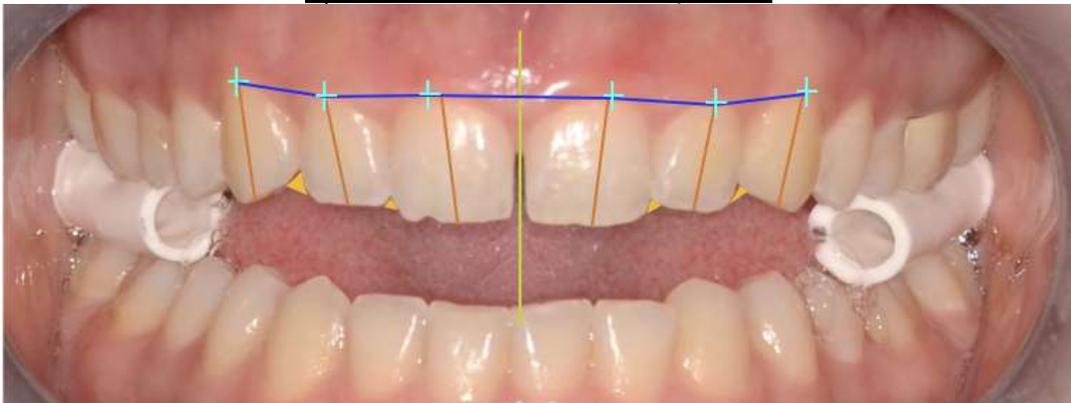
2) Visage de profil



3) Sourire de face



4) Sourire avec écarteurs photos



I – Analyse macro-esthétique

→ Sur la première photographie :

1 – Tracer la ligne bipupillaire (relie les deux pupilles)

2 – Tracer la ligne bicommissurale (relie les commissures des lèvres)

Ces deux lignes horizontales sont-elles parallèles ? Oui Non

Si non, il faudra choisir la *ligne la plus horizontale* pour la conception du futur sourire.

3 – Tracer la ligne médiane reliant la glabelle, le bout du nez, le philtrum et la pointe du menton. Si le nez est tordu, se référer au *philtrum*.

Est-elle perpendiculaire aux deux lignes horizontales ? Oui Non

Si non, il faudra choisir les deux lignes dont l'intersection forme l'angle *le plus proche de 90°* pour la conception du futur sourire.

4 – Sur le patient, mesurer les étages faciaux :

- Supérieur (entre les sourcils et l'implantation des cheveux) : **58** mm
- Moyen (entre les sourcils et les ailes du nez) : **61** mm
- Inférieur (entre les ailes du nez et le menton) : **64** mm

Une **augmentation de la DVO** est-elle nécessaire pour compenser une perte de hauteur de l'étage inférieur ? Oui Non

II- Analyse mini-esthétique

→ Sur la deuxième photographie :

1 – Mesurer l'angle naso-labial : **≈90°**

(Valeur normale : 90 à 100° chez un homme, 100 à 120° chez une femme)

2 – Tracer le plan esthétique de Ricketts qui relie la pointe du nez et le pogonion et préfigurer le cliniquement à l'aide d'une règlette.

La lèvre supérieure est en retrait de **5** mm (Valeur idéale 4mm)

La lèvre inférieure est en retrait de **3** mm (Valeur idéale 2mm)

Faut-il avancer ou reculer les lèvres en déplaçant ou en faisant varier le volume des dents antérieures ? Oui Non **idéalement, avancer un peu les lèvres**

→ Sur la troisième photographie :

3 – Les lèvres sont : fines moyennes épaisses

4 – Tracer la ligne du sourire.

Sa position est : basse moyenne haute (sourire gingival)

5 - Les corridors labiaux sont : normaux larges absents

6 - Combien de dents sont visibles lors du sourire ? (Détermination de la largeur du sourire)

6 à 8

8 à 10

10 à 12

Sourire étroit

Sourire intermédiaire

Sourire large

7 – Mesurer, au repos, la hauteur visible des incisives centrales : **3** mm
(Valeur normale : 2 à 4mm)

III - Analyse de la micro-esthétique

→ Sur la quatrième photographie :

1 – Tracer le grand axe des dents maxillaires.

Y a-t-il une augmentation progressive de l'inclinaison mésiale, de l'incisive vers la canine ? Oui Non **hormis pour la dent 13**

Un **traitement orthodontique** est-il nécessaire ? Oui Non

2 – Les dents du patient présentent une forme :

ovalaire

triangulaire

rectangulaire

carré



3 – La couleur des dents du patient est **A3** sur le nuancier **VITA Classical**

Un **éclaircissement externe** est-il nécessaire ? Oui Non **conseillé**

Un **éclaircissement interne** est-il nécessaire ? Oui Sur les dents..... Non

4 – En bouche, mesurer :

La longueur d'une incisive centrale **8** mm

Sa largeur **7,5** mm

Calculer le ratio largeur/longueur : **93,75** % (*Doit-être compris entre 75 et 85%*).

Est-il nécessaire d'augmenter la longueur des incisives centrales ? Oui Non

Est-il possible d'augmenter leur largeur (*présence de diastèmes*) ? Oui

Non

5 – Tracer la ligne interincisive.

Coïncide-t-elle avec la ligne médiane ? Oui Non

Si ce n'est pas le cas, la divergence médiane est de **1** mm
(*Acceptable jusqu'à 4mm*).

6 – Tracer les embrasures incisives.

Leur taille augmente-t-elle de façon symétrique en s'éloignant de la ligne médiane ?

Oui Non

7 – La santé parodontale est-elle satisfaisante? Oui Non

Si la réponse est non, le patient souffre d'une : gingivite parodontite

Un **traitement parodontal** est-il nécessaire avant tout autre traitement ? Oui Non

8 – Les papilles interdentaires sont-elles toutes présentes : Oui

Non
absente
entre.....

9 – Tracer les zéniths gingivaux.

Les zéniths de 11 et 21 sont-ils à la même hauteur ? Oui Non

Les zéniths de 12 et 22 sont-ils à la même hauteur ? Oui Non

Les zéniths de 13 et 23 sont-ils à la même hauteur ? Oui Non

12 et 13 au-dessus de 1mm

10 - Relier les afin d'obtenir la ligne des collets.

Cette ligne présente-elle une allure globale en forme de W ? Oui Non

(*Zéniths de 12 et 22 en dessous de ceux de 11-21-13-23*)

Une **gingivoplastie** est-elle nécessaire ? Oui au niveau des **6 antérieures** Non

Pour harmoniser la ligne des collets et corriger le sourire gingival

- Conclusion au vue des examens et de l'analyse esthétique

Les étapes précédentes nous permettent de dégager des éléments importants pour poser le diagnostic et qui nous guideront lors de la réhabilitation esthétique :

- Le recouvrement incisif est déjà augmenté (2mm), il sera donc difficile d'augmenter sensiblement la hauteur du bloc incisivo-canin lors de notre réhabilitation.
- La ligne du sourire est haute avec un découvrement de la lèvre supérieure bien au-delà des collets.
- Le sondage parodontal vestibulaire (3mm) nous laisse la possibilité d'effectuer un léger aménagement chirurgical par élongation coronaire pour abaisser la ligne du sourire et harmoniser la ligne des collets.
- La position vestibulo-palatine et mésio-distale des dents du bloc incisivo-canin est satisfaisante et aucun recours à un traitement orthodontique ne sera nécessaire.
- Les bords libres sont usés et présentent des éclats amélaire devant être reconstitués.
- La forme des incisives est très carrée ce qui ne correspond pas au caractère de la patiente.

- Proposition et moyens thérapeutiques

Au vue des différents diagnostics et en prenant compte des demandes esthétiques de la patiente, nous proposons les thérapeutiques suivantes :

- Réhabilitation du bloc incisivo-canin maxillaire à l'aide de 6 facettes en céramique.
- Aménagement parodontal avec chirurgie muco-gingivale des collets des 6 dents du bloc incisivo-canin.

4.1.3. Présentation des différents protocoles mis en œuvre

À travers ce cas clinique, nous avons pu tester 4 méthodes et logiciels de conception numérique du sourire mais aussi différentes techniques de réalisation de mock-up.

Nous avons commencé par la première méthode inventée par le Dr. Coachmann, le Digital Smile Design® (DSD), en utilisant le logiciel de présentation Keynote. Par la suite, nous avons réalisé le wax-up conventionnel en cire issu du DSD et le mock-up correspondant grâce à une clef de transfert en silicone.

Le deuxième logiciel que nous avons pu essayer est le logiciel Smile Designer Pro® distribué par l'entreprise TastyTech. Il s'agit cette fois d'un logiciel spécialisé dans la conception du sourire en deux dimensions. Une licence logicielle nous a été fournie par l'entreprise afin de tester les pleines fonctionnalités de celui-ci.

Le troisième logiciel que nous avons utilisé est le module CEREC Smile Design® de Dentsply-Sirona. Nous l'avons essayé dans le but de montrer une méthode de conception en trois dimensions. Nous voulions ainsi observer les possibilités de création d'un sourire numérique à travers un process de CFAO.

Enfin nous avons couplé les logiciels Smile Designer Pro® et CEREC Smile Design® afin d'expérimenter la complémentarité de la conception du sourire en deux dimensions et celle en trois dimensions. Cela nous a notamment permis d'usiner des facettes en résine et d'imprimer une conception numérique en trois dimensions. Nous avons ainsi montré d'autres méthodes possibles pour réaliser un mock-up. L'utilisation de ce dernier logiciel nous a été permise grâce au concours et à l'aide précieuse de M. Eric Berger, prothésiste dentaire au laboratoire « Dental Technique » situé à Marly.

Nous allons donc décrire successivement le protocole de chacune des quatre techniques. Cela nous permettra de dégager les avantages et les inconvénients de chacune d'elles et de déterminer leurs caractéristiques essentielles à la lumière de l'utilisation que nous avons pu en faire.

4.2. Essai de la méthode du Digital Smile Design® avec le logiciel Keynote®

4.2.1. Documentation iconographique du Digital Smile Design®

- Appareil photo numérique réflexe ou Smartphone ?

Le protocole photo du Digital Smile Design est décrit très précisément par le Docteur Coachman. Pour réaliser les photographies dans des conditions optimales, un éclairage important est nécessaire. Nous avons ainsi utilisé deux softbox (420W) placées de chaque côté de la patiente à une distance d'un mètre. Un fond blanc est également placé derrière la patiente (86).



Figure 51 : Photo montrant le matériel utilisé pour le protocole iconographique du DSD (Softbox et fond blanc). (Source : document personnel)

Deux méthodes de prise de photo sont possibles : soit à l'aide d'un appareil photo numérique réflexe soit à l'aide d'un smartphone. Dans ce dernier cas, il est conseillé de réaliser des vidéos et d'en extraire des captures d'écran. Dans les deux techniques, l'autofocus doit être centré sur les dents. Dans le but de comparer les deux méthodes nous avons essayé l'une et l'autre. Une première série de photos et vidéos a été prise avec un iPhone 6S en effectuant à chaque fois un verrouillage de l'autofocus sur les dents (en appuyant longtemps sur l'écran, un encadré jaune apparaît avec l'inscription AE/AF). Puis une deuxième série de photos a été faite en utilisant cette fois-ci un appareil Nikon® D7000 avec un objectif SIGMA® 105mm 1:2:8 DG MACRO HSM avec les réglages suivants : vitesse d'obturation 1/200, ISO 100 et ouverture f/8, ainsi qu'un flash annulaire Sigma® EM-140 MACRO DG.



Figure 52 : Il est possible de prendre les photographies soit à l'aide d'un smartphone (à gauche) soit à l'aide d'un appareil photo numérique (à droite). (Source : document personnel)

Les résultats obtenus à l'aide de l'appareil photo sont largement supérieurs à ceux obtenus par le biais de l'iPhone. La différence est d'autant plus importante lorsqu'on effectue un zoom sur les dents comme c'est le cas pendant le protocole du DSD. Les photos prises avec le smartphone sont beaucoup moins nettes ce qui rend la conception numérique bien plus difficile. Les images sont également davantage déformées. Un iPhone peut donc être utile dans certains cas mais il ne pourra malheureusement pas permettre d'obtenir des clichés de qualité suffisante pour l'utilisation escomptée.



Figure 53 : Photo de face prise avec un iPhone (à gauche) et avec un appareil photo numérique (à droite). (Source : document personnel)



Figure 54 : Zoom sur le sourire sur la photo prise avec un iPhone (à gauche) et avec un appareil photo numérique (à droite). (Source : document personnel)

- Acquisition des photographies

Deux photos du visage de face sont nécessaires : une avec un sourire, l'autre avec des écarteurs photos. Les photos doivent être prises à hauteur du regard du patient. Afin de pouvoir les superposer il est important que le patient et le praticien gardent la même position pour les deux clichés. Pour ce faire, la technique proposée par le Docteur Coachman est de placer une boîte de gants calée entre le mur et la tête du patient. Pour ne pas la faire tomber, le patient va effectuer une certaine pression avec sa tête ce qui aide à maintenir la même position. La boîte sert ainsi de support. Il est préférable de commencer par la photo avec les écarteurs photos car il est plus simple de retirer les écarteurs que de les mettre sans bouger la tête. Pour bien centrer le visage, le photographe peut s'aider de la largeur d'oreille visible qui doit être équivalente à droite et à gauche. Des cales occlusales sont placées au niveau des dernières molaires. Ici deux morceaux de canule d'aspiration de même diamètre sont coupées et placées en bouche de chaque côté. Il est aussi possible d'utiliser des cales en silicone. Cela permet une meilleure visualisation des dents inférieures et facilite la conception numérique par la suite.

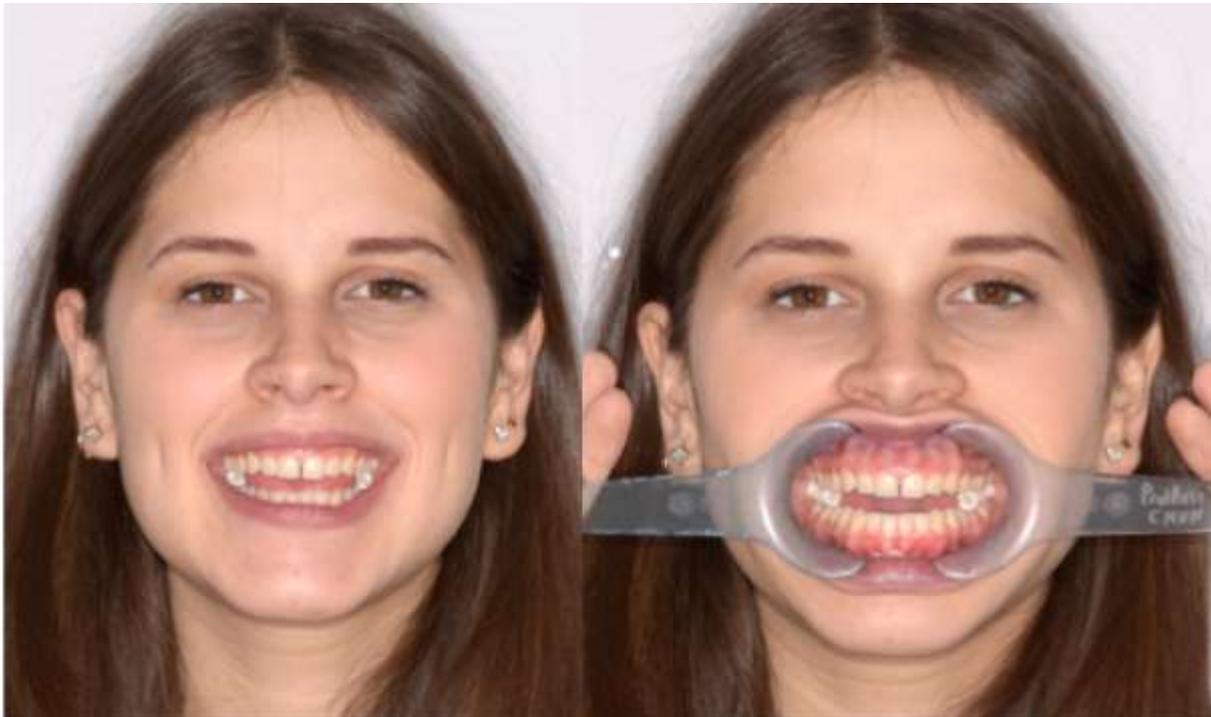


Figure 55 : Photo de face prise sans écarteur (à gauche) et avec écarteurs (à droite).
(Source : document personnel)

Il faut également réaliser deux photos de profil. Une avec les lèvres au repos et l'autre avec un sourire. Pour être sûr que l'on enregistre correctement le profil du patient, il faut que les deux arrêtes du philtrum soit alignées.



Figure 56 : Photo de profil au repos (à gauche) et pendant le sourire (à droite).
(Source : document personnel)

Le cliché suivant est une photographie à midi. Ici, le choix a été fait de prendre cette photo avec la patiente assise sur un tabouret. Ses coudes sont posés sur ses cuisses, et la patiente lève la tête pour regarder l'objectif qui est placé au-dessus d'elle. Le praticien doit aligner le bout du nez avec l'extrémité de la lèvre supérieure au moment de prendre la photo. Une autre méthode consiste à allonger le patient sur le fauteuil et à lui pencher la tête en arrière pour qu'il regarde derrière lui.

Quelle que soit la position choisie, l'erreur à ne pas commettre est de couvrir le sourire du patient avec son nez lors de la photographie. De même, l'autofocus doit être mis sur les dents et non sur le nez.



Figure 57 : Photo à midi prise avec l'appareil photo numérique. (Source : document personnel)

La dernière photo dont nous aurons besoin est une photographie occlusale. Elle peut être prise soit directement en bouche soit sur le modèle d'étude. La deuxième solution est plus simple à réaliser pour le praticien et plus confortable pour le patient. En effet, la photographie en bouche oblige ce dernier à pencher la tête de manière très accentuée tout en maintenant l'écarteur en bouche. Il est nécessaire d'être bien perpendiculaire au plan d'occlusion et le rafé doit être bien droit et ne pas former de courbe pour que la photographie soit exploitable. Il faut noter que l'utilisation d'un miroir occlusal est proscrite car il déformerait l'image et modifierait ses proportions ce qui la rendrait inexploitable pour la conception numérique du sourire.



Figure 58 : Photo occlusale prise en bouche et sur le modèle. (Source : document personnel)

Une fois les six photographies validées, quatre vidéos doivent être enregistrées. Contrairement aux photos qui montrent le sourire à un instant T, les vidéos permettent d'enregistrer toute la dynamique de ce dernier. Elles ne sont donc pas considérées comme un complément mais bien comme un élément essentiel du protocole.

- Acquisition des vidéos

La première vidéo est une entrevue avec le patient prise de face et à 45 degrés. Cette entrevue est composée de cinq questions. On demande à la patiente ce qu'elle recherche à travers le traitement, ce qui lui plaît et ne lui plaît pas dans son sourire, ses attentes et enfin son idée du sourire parfait. En plus d'apporter des informations essentielles sur les désirs du patient, cela permet de mettre en évidence la dynamique de ses lèvres face à plusieurs émotions et de mieux cerner la psychologie et le caractère du patient.



Figure 59 : Captures d'écran issues de l'entretien avec la patiente permettant de visualiser des sourires plus naturels. (Source : document personnel)

La deuxième vidéo consiste à enregistrer les mouvements lors de la phonétique de la patiente. On lui demande ainsi de compter de 0 à 20 et de 20 à 0 et de prononcer des mots contenant les sons [f] et [v].



Figure 60 : Capture d'écran de la vidéo phonétique mettant en évidence les relations dento-labiales pendant la parole. (Source : document personnel)

La troisième vidéo nous permet d'analyser les mouvements de la mandibule. Nous demandons à la patiente de faire semblant de mastiquer, de mordre et de réaliser des mouvements de protrusions et de diductions. Les côtés travaillants et non travaillants sont enregistrés.



Figure 61 : Captures d'écran de la vidéo fonctionnelle montrant les mouvements de protrusion et de diduction. (Source : document personnel)

Enfin, la quatrième vidéo nous permet de visualiser les faces occlusales des deux arcades. Nous demandons à la patiente d'ouvrir au maximum et nous enregistrons les faces occlusales au maxillaire et à la mandibule.



Figure 62 : Capture d'écran de la vidéo occlusale permettant de visualiser la bouche dans son ensemble. (Source : document personnel)

- Conclusion sur le protocole iconographique

La méthode du Digital Smile Design® demande une iconographie très complète mais quelle que soit la méthode de conception numérique du sourire choisie, il est fondamental de respecter le protocole photo adapté. En effet, les photographies et vidéos sont notre support de travail et doivent retranscrire le plus possible la réalité, surtout en termes de proportions. Si les photographies sont déformées et ne sont pas exploitables, il sera très difficile pour le praticien de réaliser une restauration qui se rapproche le plus possible de la simulation présentée grâce au DSD (92). On ne pourra donc que conseiller aux praticiens voulant utiliser des protocoles de conception numérique du sourire pour des traitements esthétiques, d'installer des studios photo dans leur cabinet. Il est possible d'acquérir tous les outils nécessaires à la réalisation de clichés de qualité en réalisant un investissement financier raisonnable (éclairage photographique, fond blanc ou noir, appareil photo réflexe, flash). Quelques connaissances de base sur la photographie et un peu d'entraînement suffiront à enregistrer des portraits d'une grande qualité (58)(85).

4.2.2. Création du sourire numérique avec le Digital Smile Design®

- Description du modèle guidant la réalisation du Digital Smile Design®

Pour ce cas clinique, nous avons utilisé le logiciel de présentation Keynote® sur mac. Un modèle contenant plusieurs diapositives est disponible en téléchargement sur le site internet de Christian Coachmann. Celui-ci est nécessaire pour la réalisation du DSD. Les premières diapositives permettent de présenter le cas clinique en organisant les différentes vidéos et clichés réalisés précédemment. Des radiographies rétro alvéolaires, un OPT, des coupes de CBCT, des empreintes optiques, le schéma de bouche et le questionnaire médical peuvent s'ajouter aux photographies pour obtenir le dossier numérique complet du patient.



Figure 63 : Les premières diapositives du DSD regroupent toute l'iconographie et les documents complémentaires. (Source : document personnel)

Les diapositives suivantes contiennent tous les outils nécessaires à la réalisation du protocole du DSD nécessaire à la construction du sourire numérique. On note la présence de lignes de référence pré-tracées, d'un contour du visage, de cadres et d'une échelle de proportion. Tous ces éléments ont été créés préalablement en

fonction des données connues de la littérature pour l'esthétique afin de simplifier le protocole du DSD. Des règles, nécessitant un calibrage, sont également à disposition afin de mesurer les dents d'origine mais surtout les éléments du nouveau sourire une fois la simulation terminée.



Figure 64 : Les différents outils utiles à la réalisation du DSD. (Source : document personnel)

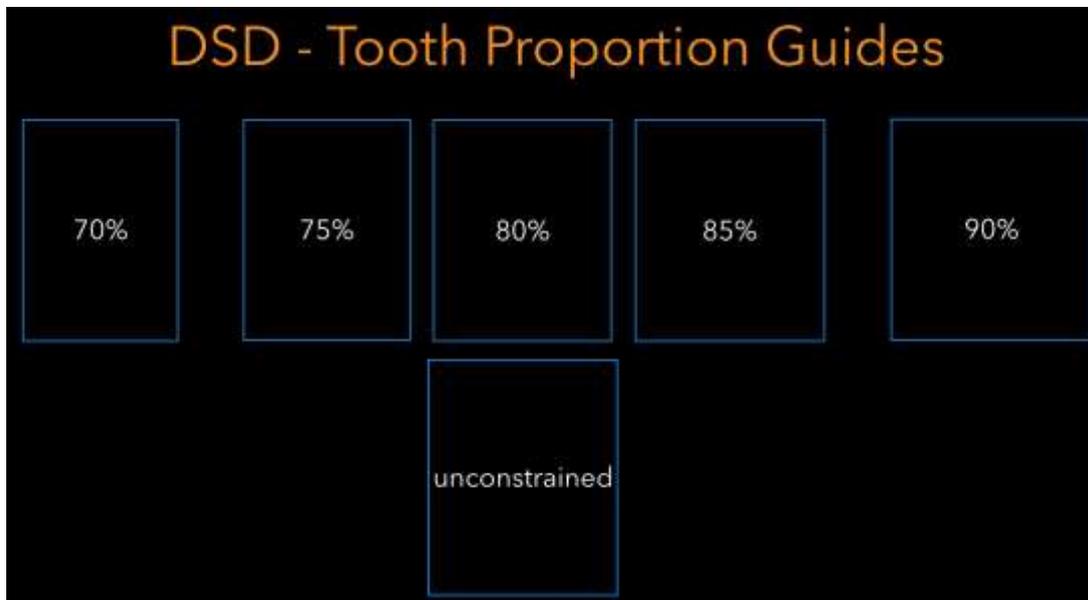


Figure 65 : Les cadres de proportions guidant la conception du nouveau sourire (Source : document personnel)

Les dernières diapositives présentent les différents contours de formes dentaires permettant la réalisation de conception ainsi que les textures dentaires associées à ces différentes formes qui seront utiles pour la simulation. Quatre formes sont ainsi disponibles : ovale, triangulaire, rectangulaire et carrée.



Figure 66 : Les quatre formes disponibles pour la réalisation de la simulation et les textures de dents qui leurs sont associées. (Source : Coachman, 2014)

- Conception numérique du sourire avec le protocole du Digital Smile Design®

Une fois l'iconographie insérée dans le diaporama, il faut suivre les étapes du protocole du DSD. Des tutoriels sont disponibles sur le site internet en différentes langues. Toutes les étapes sont ainsi détaillées et consistent en une succession de copier/coller, de duplication de diapositives et d'ajustements des proportions entre les différentes photographies et outils.

Dans un premier temps ce sont les photographies du sourire de face, avec et sans écarteur, qui sont exploitées. Ce sont les deux photographies les plus importantes de la simulation. La première photographie du sourire de face est copiée puis collée sur la diapositive contenant le contour du visage et les lignes de référence. La proportion de cette photographie doit être ajustée et les lignes de références horizontales et verticales placées correctement sur le cliché. Si la photographie a été réalisée dans le bon axe, aucune correction n'est nécessaire. Dans le cas contraire, il est possible de régler l'inclinaison de la ligne médiane en faisant pivoter l'image de quelques degrés. Une fois tous ces éléments placés nous conservons uniquement le sourire

avec la croix formée par la ligne médiane et la ligne bicommissurale. Le reste de la photographie n'est pas supprimé mais seulement masqué, il est toutefois possible de la faire réapparaître à tout moment.

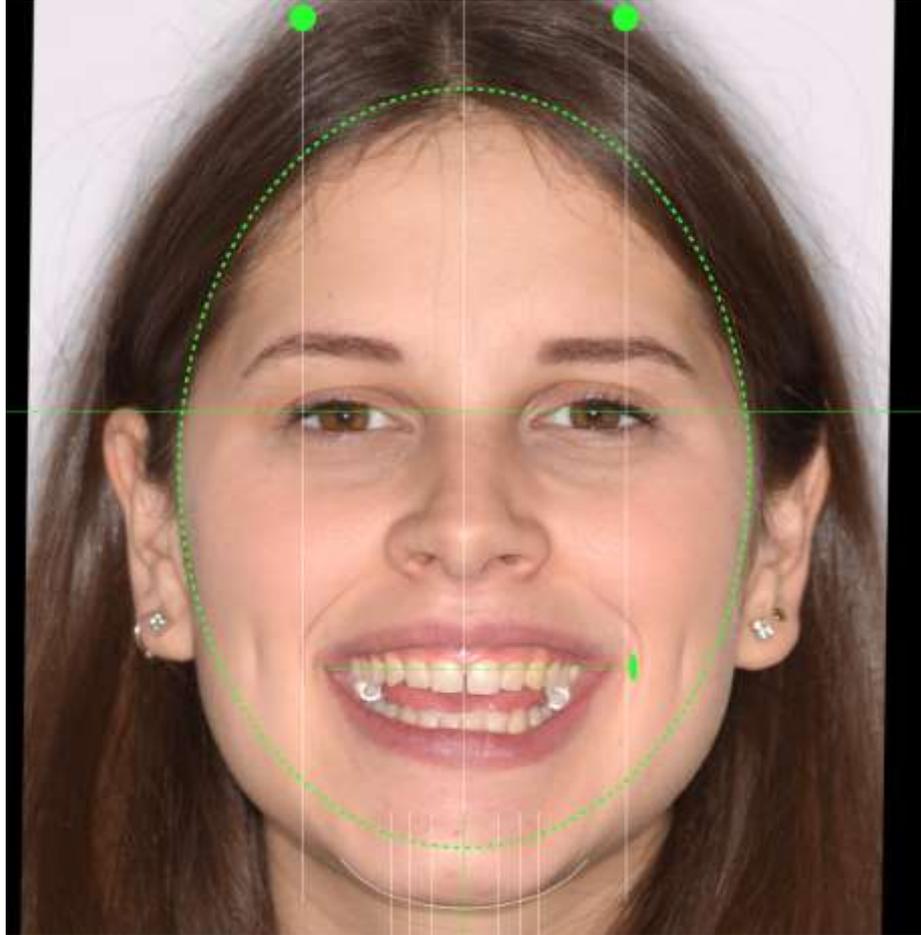


Figure 67 : Réglage des proportions de la photographie et placement des lignes de référence horizontales et verticale. (Source : document personnel)



Figure 68 : Seuls le sourire et la croix formée par les lignes de référence sont conservés. Le reste du visage est masqué. (Source : document personnel)

On réalise ensuite le calibrage de la photographie. Pour ce faire, la largeur des deux incisives centrales est mesurée en bouche à l'aide d'un calibre à coulisse pour plus de précision. Dans le cas de la patiente, nous avons mesuré 16mm. Nous plaçons ensuite la règle numérique sur la photographie à l'endroit correspondant à la mesure clinique, et nous modifions ses proportions jusqu'à obtenir 16mm. La règle est maintenant calibrée et nous permettra, en la dupliquant à plusieurs reprises et en la déplaçant, de réaliser toutes les mesures nécessaires et conformes à la réalité. Il faut surtout veiller à ne pas modifier la taille de cet outil une fois le calibrage effectué.

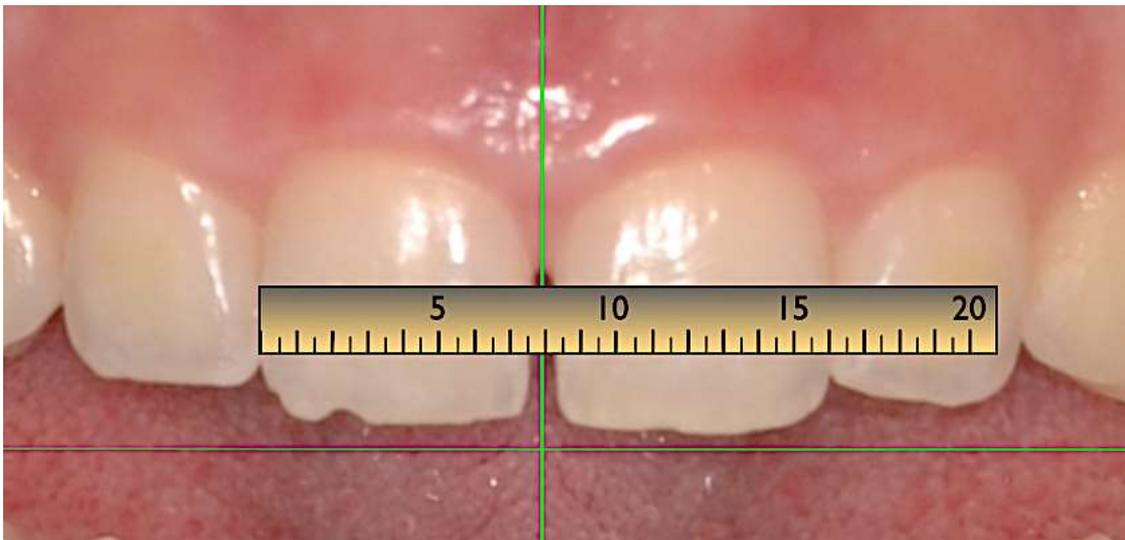


Figure 69 : Pour calibrer le logiciel, la taille de la règle numérique est adaptée pour obtenir la largeur des deux incisives centrales mesurée cliniquement. Ici 16mm. (Source : document personnel)

L'étape suivante consiste à superposer le sourire isolé précédemment et le sourire issu de la photo de face avec les écarteurs. Pour ce faire, on trace deux lignes de référence reliant des points remarquables sur la photographie sans les écarteurs. On relie par exemple une pointe cuspidienne avec le sommet d'une embrasure incisive ou un point de contact. On colle ensuite sur la même diapositive la photographie du sourire avec les écarteurs et en jouant sur la transparence de cette dernière, on ajuste sa position et sa proportion pour que les lignes relient les mêmes points de référence sur les deux photographies.

Si les deux clichés ont été réalisés conformément au protocole iconographique et sans bouger, les deux images sont parfaitement superposables. Cette étape est particulièrement longue et chronophage dans sa mise en œuvre, elle nécessitera une réelle patience de la part du praticien.



Figure 70 : Les deux images sont superposées grâce aux lignes de transfert et en jouant sur la transparence des clichés. (Source : document personnel)

Les lignes de superposition peuvent ensuite être supprimées et les étapes suivantes concerneront la photographie avec les écarteurs. Nous commençons par déplacer la ligne bicommissurale qui servira maintenant de guide pour le placement des bords libres des incisives centrales. Ce placement est subjectif en fonction de l'analyse clinique du praticien. Dans le cas présent, nous avons choisi d'allonger un peu la longueur des incisives donc nous avons placé la ligne légèrement en dessous de ses bords libres actuels. Nous devons ensuite placer l'outil qui correspond à la ligne du sourire. Nous l'ajustons de chaque côté en prenant pour guide la lèvre inférieure du patient. La ligne doit lui être le plus parallèle possible. Le cadre de proportion des incisives centrales est ensuite choisi parmi les outils du modèle. Plusieurs choix sont possibles : 70, 75, 80, 85 et 90% ou une proportion libre. Le pourcentage correspond au ratio de la largeur sur la longueur. Ainsi plus la proportion est élevée et plus les incisives centrales seront courtes et larges. Nous dupliquons ensuite la courbe du sourire pour la placer en haut des cadres au niveau des collets. On l'ajuste de

chaque côté pour obtenir la courbe gingivale. Il nous reste ensuite à placer l'échelle de proportion et à l'adapter au cadre de l'incisive centrale afin d'obtenir la largeur des autres dents du sourire. Une fois que tous ces outils sont en place on obtient les cadres dans lesquels les contours des dents s'inscriront. L'ensemble de ces tracés représente un guide indispensable pour créer un nouveau sourire correspondant aux connaissances actuelles de la science en terme d'esthétique que nous avons décrit dans la première partie de cette thèse.



Figure 71 : Les lignes, les cadres et l'échelle de proportion permettent de former des cadres dans lesquels les contours dentaires viendront d'inscrire. (Source : document personnel)

L'échelle de proportion peut également être utilisée sur les photos à midi et occlusale du patient. Cette dernière peut être utile dans le cas d'un traitement orthodontique mais ces deux clichés n'ont finalement que peu d'intérêt. Ils peuvent représenter une aide supplémentaire mais on ne peut pas s'y fier pour le respect des proportions lors de la réalisation des futures wax-up.

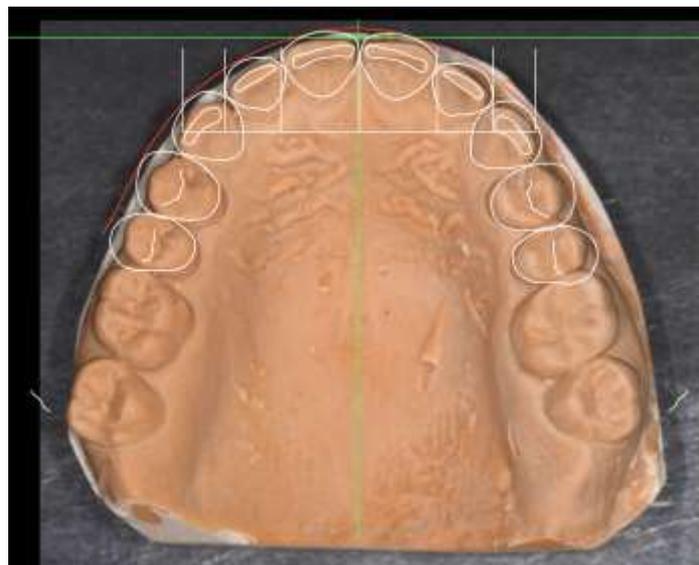


Figure 72 : Echelle de proportion utilisée sur la photo occlusale du modèle d'étude.
(Source : document personnel)

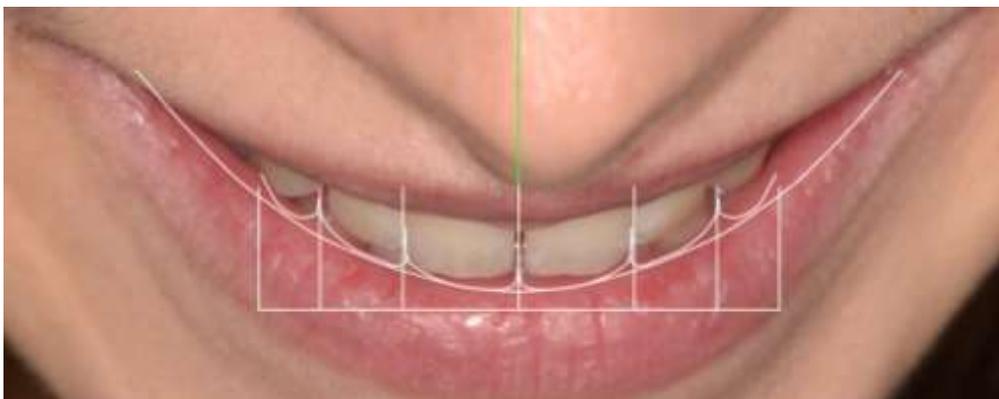


Figure 73 : Echelle de proportion utilisée sur la photo à midi de la patiente.
(Source : document personnel)

Vient ensuite le choix de la forme des dents parmi les quatre formes qui sont disponibles. Une fois le choix réalisé en fonction de la psychologie et du visage du patient, nous copions les contours de chaque dent et nous les plaçons dans les cadres obtenus précédemment. La taille de chaque dent est ajustée pour qu'elle corresponde exactement à la proportion du cadre. L'incisive latérale et la première

prémolaire doivent se trouver à environ 1mm de la ligne du sourire et de la ligne gingivale, au contraire des autres dents qui doivent toucher ces lignes. Pour être sûr d'obtenir une conception symétrique on peut dupliquer le contour d'une dent et le retourner horizontalement pour le placer dans le cadre de la dent controlatérale. Ainsi les deux formes seront parfaitement identiques en taille et en inclinaison.



Figure 74 : Les contours de la conception sont placés dans les cadres préalablement construits. (Source : document personnel)



Figure 75 : Visualisation des contours du nouveau sourire numérique. (Source : document personnel)

On obtient alors le contour de la conception du nouveau sourire. Il est possible de tracer les contours des dents actuelles du patient dans une couleur vive, ici en rouge, afin de les comparer avec les contours de la conception.

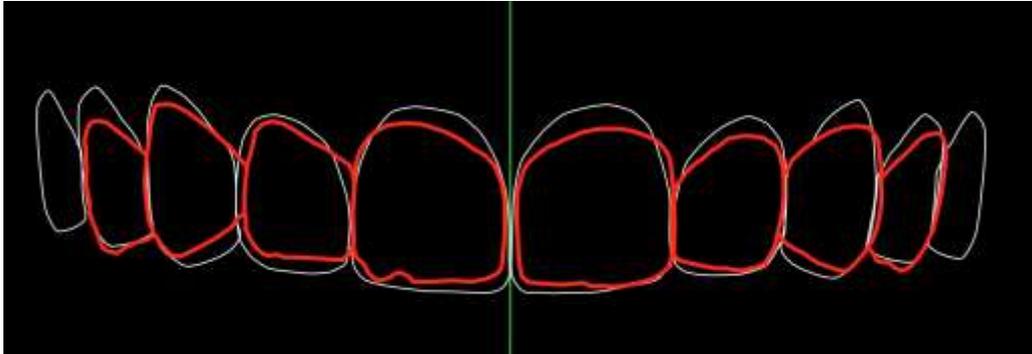


Figure 76 : Comparaison entre les contours du nouveau sourire (en blanc) et du sourire actuel (en rouge). (Source : document personnel)

A cette étape nous pouvons également mesurer toutes les dimensions nécessaires à la réalisation du futur wax-up. Il suffit de dupliquer la règle précédemment calibrée et de la placer où l'on veut sur la photographie. On mesure ici la largeur et la longueur de chaque dent de la conception numérique et également l'ajout ou les soustractions nécessaires par rapport au sourire initial. Les valeurs numériques peuvent être saisies manuellement pour éviter de surcharger les clichés avec un nombre de règles numériques trop important.



Figure 77 : Les mesures avec les règles numériques calibrées (en haut) peuvent être reportées en valeurs numériques à l'écran (en bas). (Source : document personnel)

La dernière étape est la plus importante pour la communication avec le patient. Il s'agit de la création de la simulation du sourire. Pour ce faire, des textures dentaires sont proposées sur le diaporama du DSD correspondant à chaque forme dentaire disponible. Il suffit donc de copier/coller chaque image de texture et de modifier sa proportion pour qu'elle remplisse le contour de la nouvelle dent. On peut faire varier la couleur en jouant sur l'outil d'exposition. Après avoir dupliqué la diapositive, on supprime tous les tracés réalisés précédemment ainsi que la photographie avec les écarteurs. Il reste alors uniquement la photo du sourire vu de face et la simulation du nouveau sourire sur la diapositive. D'autres manipulations nous permettent de refaire apparaître les lèvres au-dessus de la simulation aux endroits où elles doivent la recouvrir. Pour finir, le masque est modifié pour faire réapparaître le visage de la patiente que nous avons caché au début du protocole. Nous obtenons alors à l'écran le visage entier de la patiente et la simulation du nouveau sourire. La diapositive peut alors lui être présentée.



Figure 78 : Visualisation de la simulation du nouveau sourire inscrite dans les contours réalisés précédemment. (Source : document personnel)

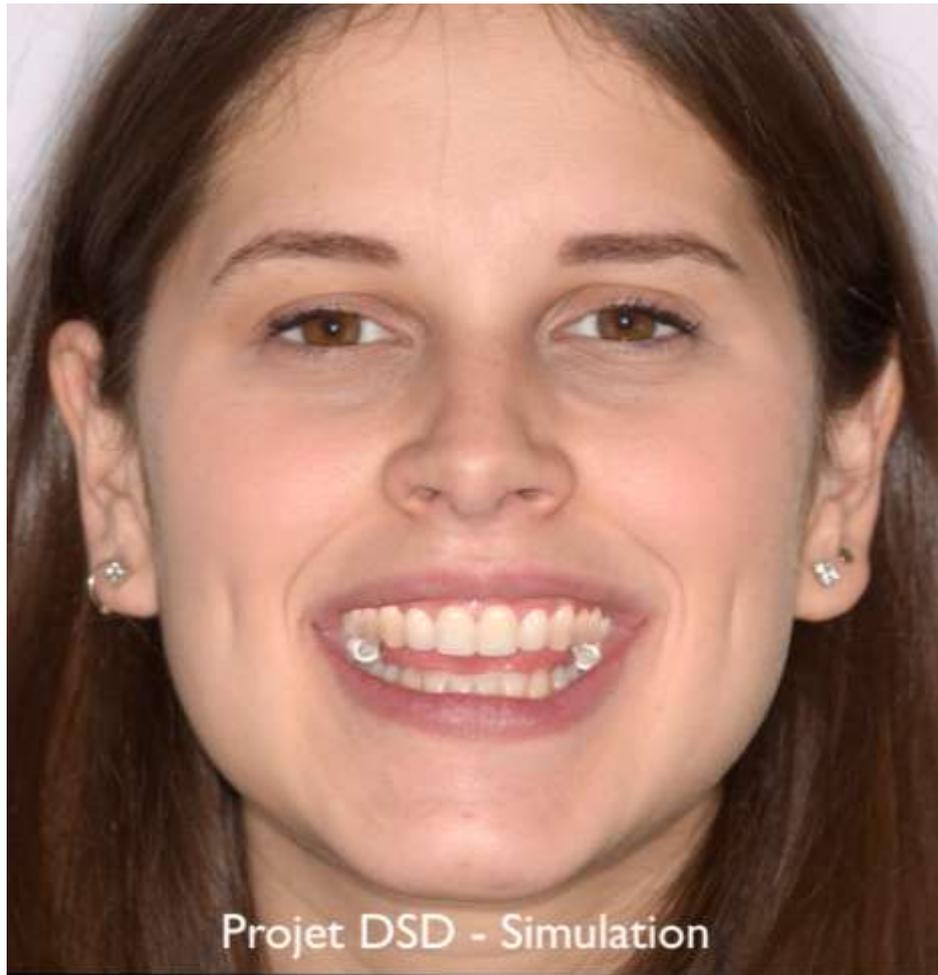


Figure 79 : Simulation du sourire numérique après avoir fait réapparaître le visage de la patiente.
(Source : document personnel)



Figure 80 : Diapositive montrant les photos avant/après la simulation pour pouvoir communiquer avec la patiente. (Source : document personnel)

- Comparaison des différentes simulations réalisées

Pour pouvoir tester toutes les possibilités de la méthode et proposer différentes simulations à la patiente, plusieurs conceptions ont été réalisées.

Dans un premier temps, nous avons essayé les différentes formes disponibles dans le diaporama du DSD. Il se trouve que la forme triangulaire est beaucoup trop éloignée de la forme actuelle des dents de la patiente. Les formes carrées et rectangulaires, qui sont très proches, présentent un aspect trop masculin par rapport à son visage rond et ses traits fins. Nous avons donc choisi de manière assez évidente la forme ovale. C'est la forme qui correspond le mieux à son visage jeune et féminin. C'est également la simulation que celle-ci a préférée parmi les différentes propositions que nous lui avons présentées.



Figure 81 : Comparaison des 4 formes possibles : triangulaire (en haut à gauche), rectangulaire (en haut à droite), carré (en bas à gauche), ovale (en bas à droite) (Source : document personnel)

L'autre facteur que nous avons fait varier est la proportion des incisives centrales, c'est à dire le ratio largeur/longueur. Nous avons essayé deux ratios différents : 80 et 85%. Nous avons préféré celui de 85%. En effet, la fermeture du diastème nécessitant d'élargir les incisives centrales, la conception à 80% entraînait une longueur beaucoup trop importante de ces dernières. La décision a donc été prise conjointement avec la patiente qui rejoignait notre position.



Figure 82 : Comparaison du ratio de 80% (à gauche) avec celui de 85% (à droite)
(Source : document personnel)

Enfin, nous avons essayé, en gardant une forme ovale avec une proportion de 85%, de modifier l'emplacement des bords incisifs. En les remontant, cela a eu pour conséquence la formation d'une élévation coronaire. Sans supprimer de gencive, le collet de la conception correspond à celui de la patiente et les bords incisifs sont donc placés plus bas.

D'un point de vue esthétique, la ligne du sourire de la patiente étant légèrement haute, il semblait plus harmonieux de réaliser une légère élévation coronaire et donc de remonter les bords incisifs. Son sourire sera alors moins gingival. De plus d'un point de vue fonctionnel, cette dernière présente déjà une supraclusion. Le fait d'allonger encore le bord libre aurait donc entraîné un recouvrement trop important

des incisives mandibulaires et des charges trop importantes sur les restaurations pendant les mouvements de propulsion.



Figure 83 : Comparatif de la version sans chirurgie gingivale (à gauche) et avec (à droite)
(Source : document personnel)

La conception finale qui a été retenue est donc une forme de dent ovale avec une proportion des incisives centrales de 85% et une légère élévation coronaire.



Figure 84 : photo de la conception finale retenue pour réaliser le wax-up.
(Source : document personnel)



Figure 85 : Photo comparatif avant/après simulation avec la conception choisie.
(Source : document personnel)

4.2.3. Réalisation des wax-up

Après avoir terminé la conception numérique, nous avons réalisé le wax-up conventionnel en cire correspondant au sourire numérique. Le protocole de transfert du sourire numérique sur le modèle d'étude en plâtre est décrit et mis à disposition sur le site du DSD.

La première chose à faire est de reporter les différents zéniths gingivaux de la conception numérique en reportant les mesures à l'aide de la règle graduée. Une fois toutes les longueurs retranscrites, la ligne reliant les nouveaux zéniths est tracée. Ensuite, les deux incisives centrales sont construites en reportant les mesures établies précédemment.

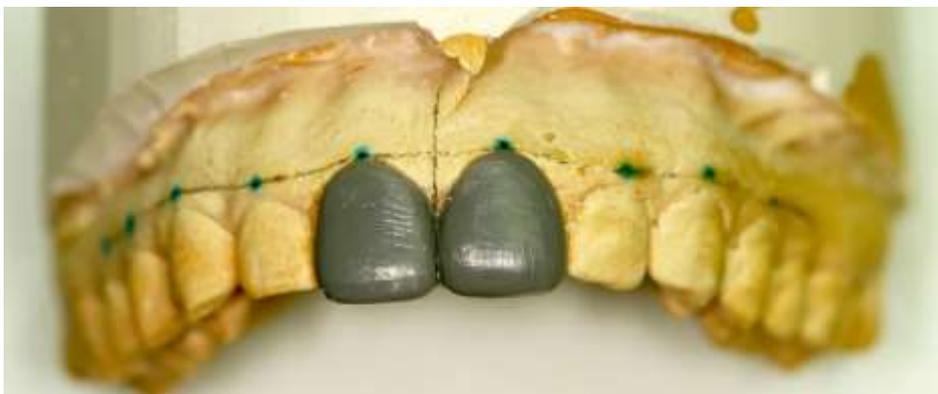


Figure 86 : La ligne reliant les nouveaux zéniths gingivaux est tracée et les deux incisives centrales sont construites en fonction des mesures du DSD. (Source : document personnel)

Il faut bien garder le modèle dans le même axe que la photo c'est-à-dire de face, même pour les mesures de la largeur des canines. Les dents sont ensuite construites en cire les unes après les autres. Ici nous avons choisi d'aller jusqu'aux deuxièmes prémolaires.



Figure 87 : Réalisation des wax-up jusqu'aux deuxièmes prémolaires en fonction des mesures numériques. (Source : document personnel)

Même si les mesures sont d'une grande aide pour reproduire la conception numérique, il est quand même difficile de créer l'exacte correspondance en cire. Pour les prémolaires cela devient totalement empirique et les mesures prises de face ne sont pas exploitables. Ceci étant, la simulation numérique, en plus des mesures, donne un guide et un modèle pour la construction du wax-up. Mais l'épaisseur et la construction des bombés vestibulaire ne sont pas données par le DSD et ces éléments sont déterminés par le prothésiste.

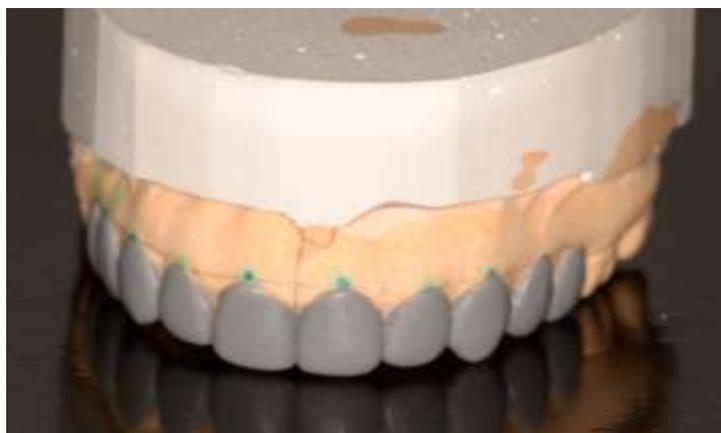


Figure 88 : Modèle d'étude montrant les wax-up issus du sourire numérique terminés. (Source : document personnel)

4.2.4. Réalisation du mock-up avec une clef de transfert en silicone

Une fois le wax-up terminé, nous avons réalisé une clef en silicone pour le transférer en bouche et réaliser le mock-up.

Un premier silicone putty par addition est utilisé et appliqué pour prendre une empreinte du wax up. Une fois le temps de prise écoulé, cette première empreinte est retirée, remplie de silicone extra-light, puis remise en place. La clef est ensuite découpée en suivant les collets des wax-up visibles dans l'empreinte. La clef de transfert est maintenant terminée.



Figure 89 : La clef de transfert en silicone est fabriquée sur le wax-up du nouveau sourire. (Source : document personnel)

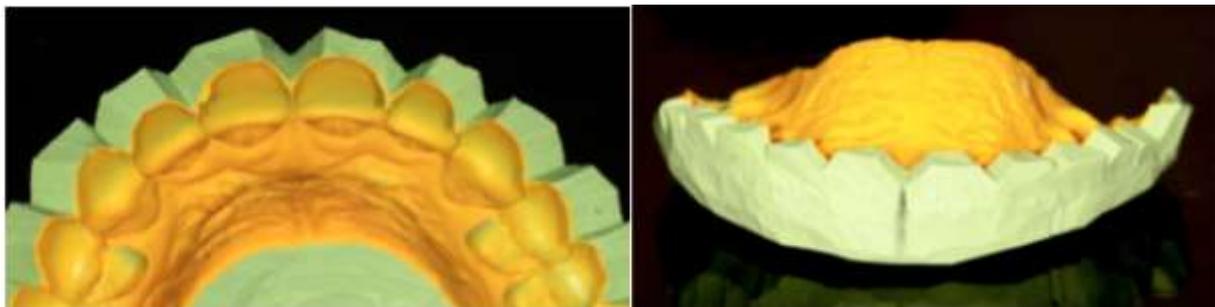


Figure 90 : La clef est découpée en suivant le collet des dents en cire. (Source : document personnel)

Pour réaliser le mock-up, nous avons utilisé de la résine bis acrylique StructurPremium de chez Voco en couleur A2. La résine est injectée dans la clef au contact du silicone pour éviter les bulles. La clef est ensuite placée en bouche.



Figure 91 : La résine est injectée dans la clef qui est ensuite placée en bouche.
(Source : document personnel)

Les excès de résine fusent au niveau des embrasures. Ils sont retirés à l'aide d'une curette lorsque la résine devient plastique. Après la prise totale du matériau la clef est retirée.

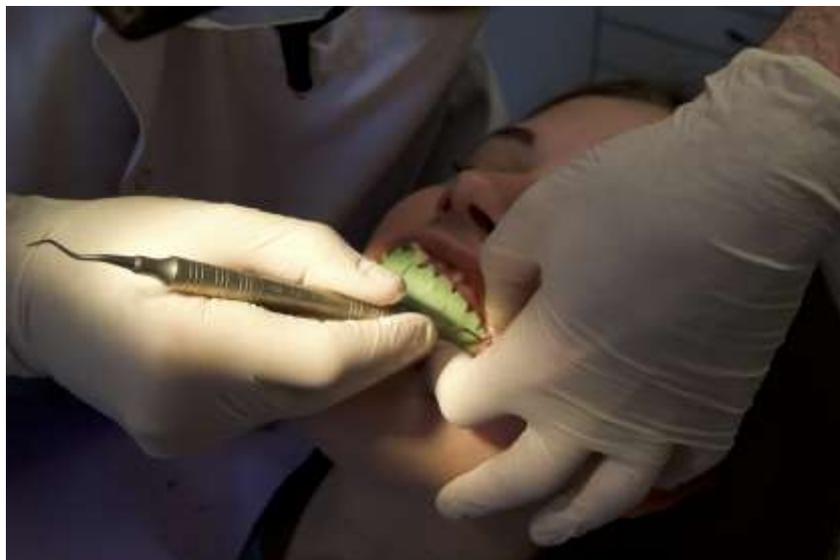


Figure 92 : Les excédents sont retirés à l'aide d'une curette quand la résine devient plastique.
(Source : document personnel)

Le mock-up reste en place sur les dents grâce aux contre-dépouilles qui entraînent une certaine rétention. On obtient alors un mock-up très proche de la simulation numérique. Cela permet d'obtenir une validation esthétique et fonctionnelle du projet prothétique. Le mock-up peut alors être conservé en bouche plusieurs heures voir plusieurs jours pour pouvoir recueillir l'avis de l'entourage proche de la patiente.



Figure 93 : Une fois la clef retirée, le mock-up reste en bouche. (Source : document personnel)



Figure 94 : Le mock-up ressemble grandement à la simulation numérique même si la reproduction n'est pas exacte. (Source : document personnel)

4.2.5. Conclusions et avis personnel

Cet essai nous permet donc de dégager certaines conclusions en ce qui concerne la méthode du Digital Smile Design®. La conception numérique réalisée à l'aide de Keynote est relativement difficile à mettre en œuvre. De nombreuses manipulations sont nécessaires et les différents outils ne sont pas intuitifs, ce qui s'explique notamment par le fait que le logiciel n'a pas été conçu dans ce but. Le temps de travail pour réaliser une conception est également assez long. Même après un peu d'entraînement, il faut compter environ deux heures pour réaliser une conception numérique et une simulation. Néanmoins, le résultat final reste satisfaisant et améliore grandement la communication avec le patient et le prothésiste.

On regrettera aussi le peu de formes dentaires disponibles dans le diaporama fourni ainsi que le peu de textures dentaires utilisées pour la simulation.

Une autre limite de cette méthode est à souligner, il s'agit du passage de la conception numérique vers la wax-up correspondant. Même si les mesures données par le DSD et le modèle qu'il représente guident grandement le prothésiste dans la réalisation du wax-up, on ne peut pas obtenir l'exacte reproduction de la simulation numérique. Certaines notions restent subjectives comme les bombés vestibulaires et les lignes de transition. De plus, les vues occlusales et à midi du DSD n'ont qu'un intérêt très limité dans la construction du wax-up. Cependant, le mock-up obtenu reste très ressemblant par rapport à l'image numérique. Nous pouvons donc conclure qu'il s'agit d'un outil fiable même s'il ne permet pas une reproductibilité clinique exacte de la conception numérique.

Il faut garder à l'esprit que cette méthode utilise un logiciel gratuit (Keynote® ou Powerpoint®) et non spécialisé dans la conception numérique du sourire. Elle est accessible à tous et les tutoriels pour se former ainsi que les diaporamas pour la réaliser sont tous disponibles sur internet.



Figure 95 : Comparatif des photos initiale / de la simulation / du mock-up en place.
(Source : document personnel)

Points essentiels du protocole:

- Acquisition de la documentation iconographique complète (6 photos et 4 vidéos)
- Réalisation de la conception et de la simulation en deux dimensions sur Keynote grâce au diaporama en libre accès
- Réalisation des wax-up conventionnels en cire grâce aux mesures numériques
- Réalisation des mock-up en résine bis-acrylique grâce à une clef de transfert en silicone

Tableau 6 : Avantages et inconvénients de la méthode DSD. (Source : document personnel)

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Logiciel gratuit (Keynote ou Powerpoint) • Tutoriel et diaporama disponibles sur internet • Conception et simulation satisfaisantes • Mock-up ressemblant à la conception numérique 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de travail très important pour obtenir la simulation • Très peu de formes et de textures disponibles • Outils non automatisés et non adaptés à la conception numérique du sourire • Reproductibilité clinique de la simulation aléatoire même si cela reste un bon guide

4.3. Essai du logiciel Smile Designer Pro®

Le logiciel Smile Designer Pro® est un logiciel spécialisé dans la conception numérique du sourire en deux dimensions. Il est distribué par la société Canadienne TastyTech.

4.3.1. Différentes étapes du protocole de conception numérique du sourire avec le Smile Designer Pro®

L'utilisation du logiciel commence par une fenêtre permettant de renseigner le nom et le prénom du patient et d'ajouter les photos nécessaires à la conception numérique du sourire. Contrairement au DSD, une seule photo est nécessaire : une photo du sourire de face. Cependant, il est préférable d'ajouter une photo avec des écarteurs, une photo occlusale et une photo à midi. Si nécessaire, d'autres photos peuvent être ajoutées. Dans le cas de la patiente, les photos utilisées ont été les mêmes que celle qui l'ont été pour le DSD.

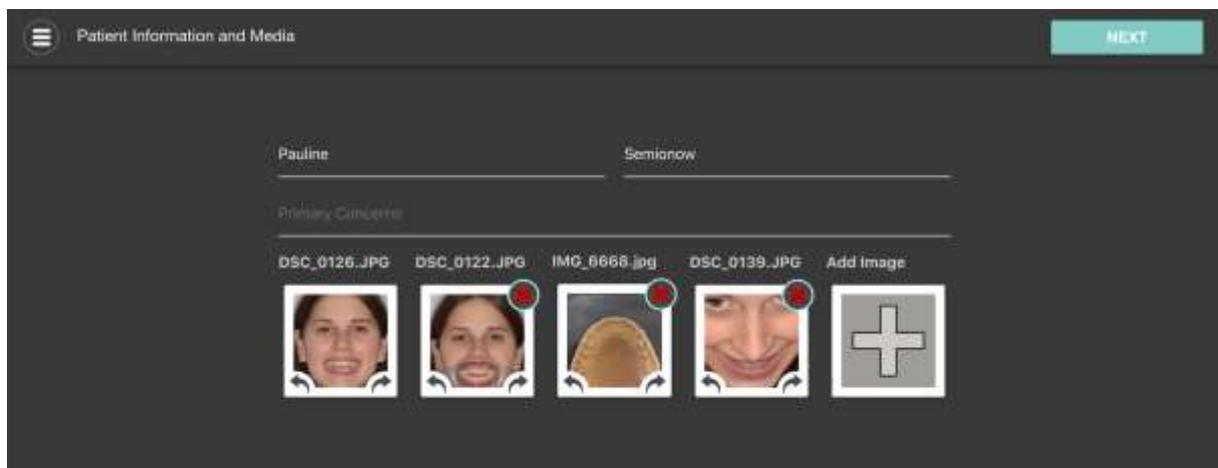


Figure 96 : Importation des photos dans le logiciel Smile Designer Pro®
(Source : document personnel)

L'étape suivante consiste à placer les lignes de références sur la photo du sourire de face. Le logiciel place automatiquement les lignes bipupillaire, bicommissurale, médiane, et verticales passant par chaque pupille. Chaque réglage peut être affiné manuellement en déplaçant les lignes. Le contour du visage, de la bouche, des yeux, les sourcils et le dessous du nez sont aussi tracés par le logiciel en bleu. Un outil permet également de tourner le visage si celui-ci n'était pas parfaitement vertical lors

de la prise du cliché. Dans le cas de la patiente, les lignes se sont placées de manière satisfaisante sauf la ligne bicommissurale que nous avons dû légèrement retoucher. L'automatisation de cette étape représente donc un gain de temps assez important et facilite grandement sa réalisation.

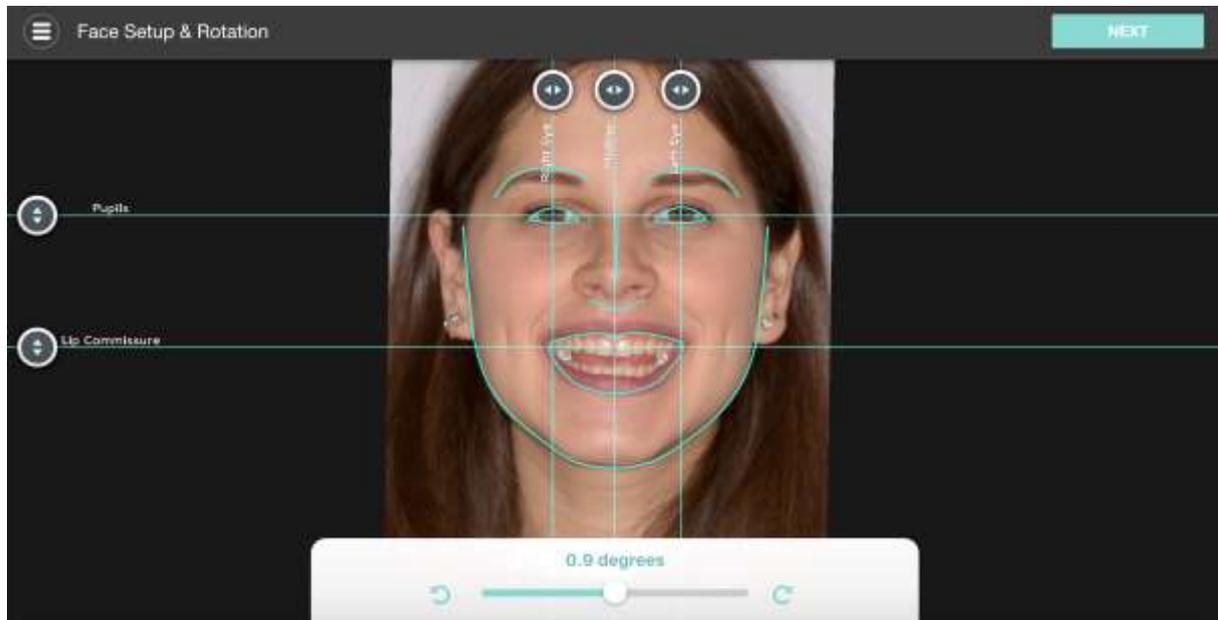


Figure 97 : Le logiciel centre automatiquement la photo et place les lignes de référence.
(Source : document personnel)

Il faut ensuite superposer la photographie du sourire et la photographie avec les écarteurs. Pour ce faire il suffit de placer deux points sur cette dernière qui sont aussi visibles sur le cliché du sourire de face. Le logiciel superpose alors automatiquement les deux images. Il est possible de vérifier le bon ajustement en jouant sur la transparence des photos.

Cet outil a très bien fonctionné et n'a pas nécessité de modification de notre part. Cette fonction représente donc un gain de temps important. Une étape de validation est nécessaire avant de passer à la création du nouveau sourire.



Figure 98 : Après avoir indiqué deux points, les images sont superposées automatiquement par le logiciel. (Source : document personnel)

Une fois la superposition validée, le logiciel place automatiquement les outils d'éditions du sourire à savoir les lignes du sourire et l'échelle de proportion des dents. Dans le cas présent, des modifications importantes de placement ont été nécessaires. Néanmoins, les outils sont très intuitifs et très simples à utiliser. La modification de taille de l'échelle de proportion est ainsi très rapide à mettre en œuvre.

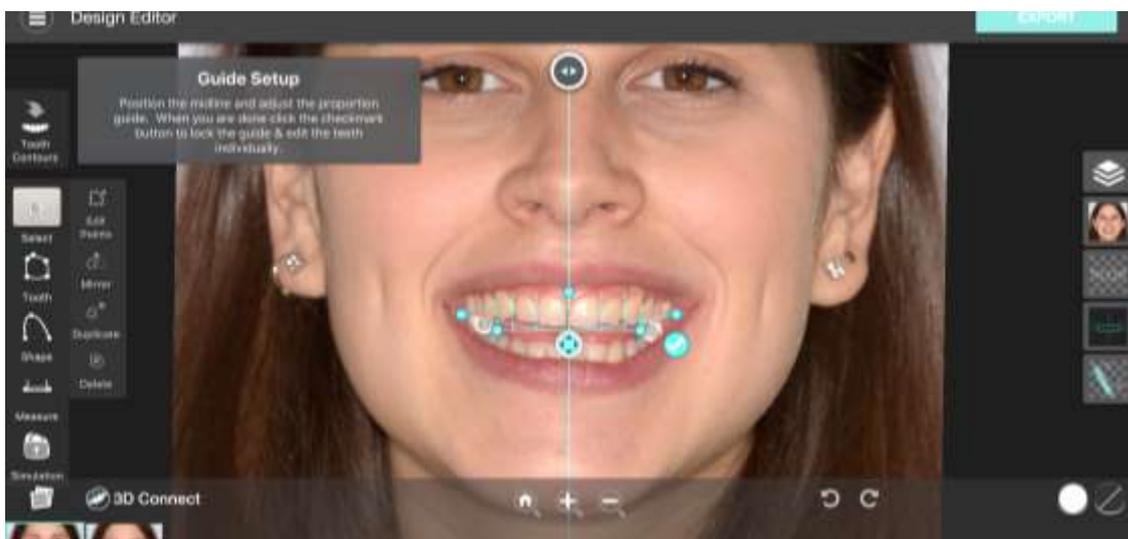


Figure 99 : La ligne du sourire et l'échelle de proportion sont éditées par le logiciel mais leur placement nécessite un ajustement manuel. (Source : document personnel)

Après avoir validé le placement de l'échelle de proportion et de la ligne du sourire, les contours des formes dentaires apparaissent directement dans les cadres. Il est alors possible de choisir parmi de nombreux design de formes dentaires. Les formes ovales, triangulaires, carrés et rectangulaires sont disponibles mais également de nombreuses autres déclinaisons.

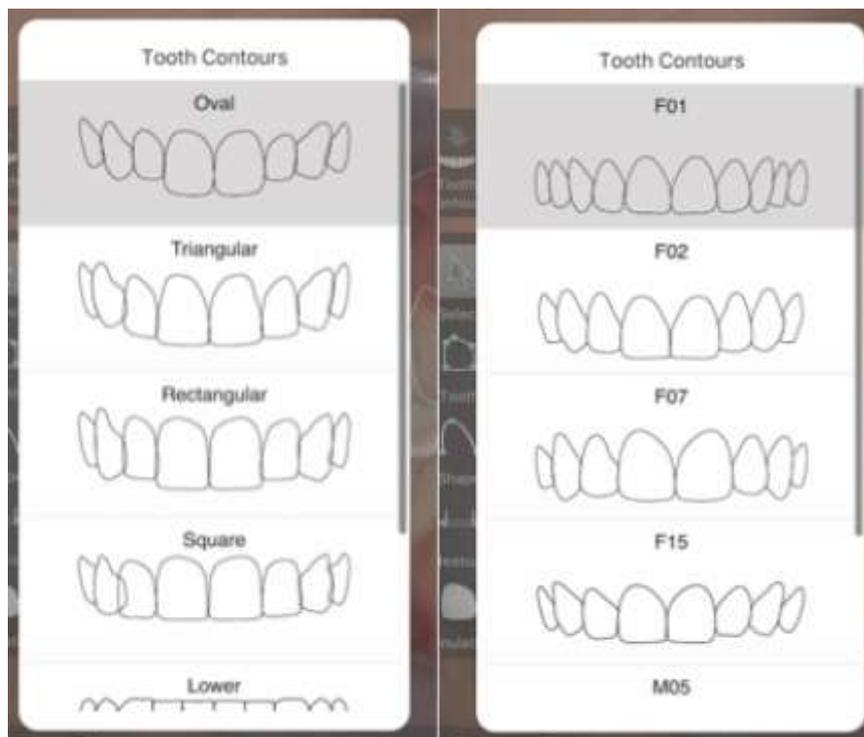


Figure 100 : Aperçu des différentes formes disponibles dans le logiciel.
(Source : document personnel)

Il est ensuite possible de modifier manuellement chaque contour de dent point par point afin de créer une forme personnalisée. L'outil « miroir » est également disponible : il permet d'obtenir une symétrie parfaite des dents controlatérales. Le dessin des formes est très rapide et très simple à réaliser même lorsqu'on n'est pas habitué au logiciel.

Les outils sont présentés de manière très claire et leur diversité permet de réaliser une conception personnalisée très rapidement.



Figure 101 : Les contours dentaires sont placés et retouchés à l'aide des nombreux outils disponibles. (Source : document personnel)

Une fois les contours du sourire dessinés, nous avons étalonné la règle du logiciel. En cliquant sur l'outil de mesure pour la première fois, une étape de calibration apparaît. Il faut placer les deux extrémités de la règle numérique sur l'image et rentrer la valeur correspondante que nous avons mesurée en bouche. Ici nous avons repris la largeur des deux incisives centrales et entré la valeur de 16mm mesurée chez notre patiente.



Figure 102 : La calibration de l'outil de mesure du logiciel est réalisée en entrant la largeur des deux incisives centrales. (Source : document personnel)

Après validation de la calibration, il est possible de mesurer toutes les longueurs voulues. Il suffit de placer les deux extrémités de la règle numérique et de valider : la valeur numérique apparaît alors sur la photo. Cette étape est réalisable à n'importe quel moment de l'édition du sourire.



Figure 103 : Toutes les mesures nécessaires à la réalisation du wax-up sont prises.
(Source : document personnel)

Vient ensuite l'étape de simulation qui nous permet de présenter le nouveau sourire au patient. Dans un premier temps le logiciel nous demande de placer les points formant le contour des lèvres. Cela permet de masquer ou non les parties des dents recouvertes par les lèvres lors du sourire.



Figure 104 : Les points formant le contour des lèvres sont placés successivement.
(Source : document personnel)

Nous choisissons ensuite la texture et l'état de surface. Nous avons ici plusieurs possibilités. Nous pouvons utiliser une texture par défaut proposée par le logiciel ou choisir la texture des dents de la patiente que le logiciel extrait de sa photo. La deuxième possibilité est beaucoup plus réaliste et naturelle que la texture proposée par défaut.

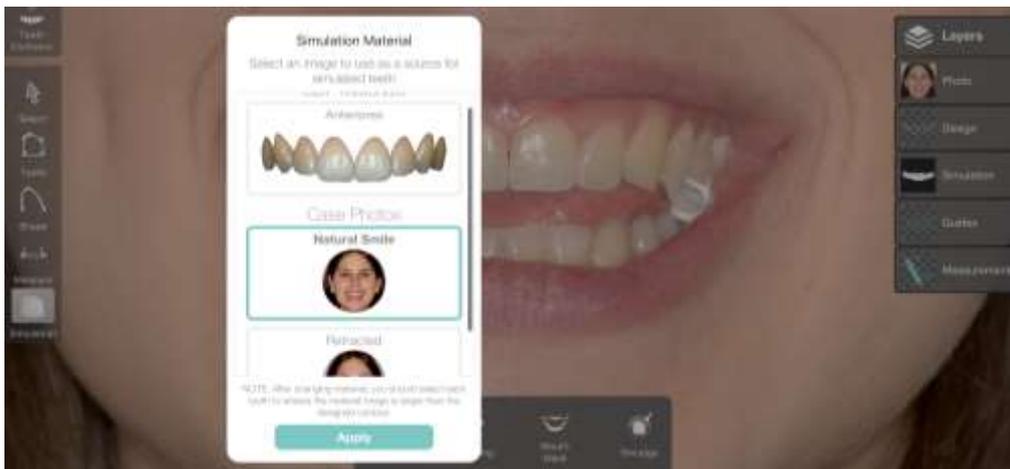


Figure 105 : Pour la simulation, il est possible de choisir la texture de dent proposée par défaut ou la texture de dent de la patiente. (Source : document personnel)

Il est possible ensuite de modifier la couleur de la simulation en faisant varier la blancheur et l'exposition de l'image. Un bon repère pour choisir la bonne couleur est de se fier au blanc de l'œil du patient et d'essayer de s'en rapprocher au maximum. Enfin, le dernier outil qui permet de soigner la simulation est appelé « smudge ». Il permet de masquer les endroits où les dents du patient sont encore visibles sous la simulation du nouveau sourire.

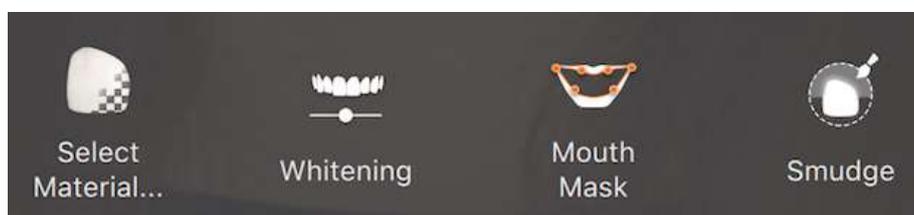


Figure 106 : Liste des outils disponibles pour réaliser la simulation. (Source : document personnel)

Une fois la simulation terminée, elle peut être présentée au patient et des modifications peuvent être effectuées en fonction de ses demandes et ses préférences.



Figure 107 : Simulation réalisée à l'aide du logiciel Smile Designer Pro®.
(Source : document personnel)

Tout au long des étapes d'édition du sourire numérique il est possible de faire apparaître plus ou moins d'informations à l'écran grâce à l'outil « layers ». Il est ainsi possible de rendre visible ou non la photographie du patient, les outils de proportion du sourire (guide), les contours de la conception (design), la simulation (simulation) ou les différentes mesures effectuées (measurements). Cela permet une meilleure visibilité lorsque l'on réalise la conception du sourire. En effet, quand toutes les informations sont visibles en même temps, l'écran est surchargé ce qui rend le travail plus difficile et moins confortable pour le praticien. Il est également possible de basculer à tout moment d'une photo à l'autre (avec ou sans écarteur).

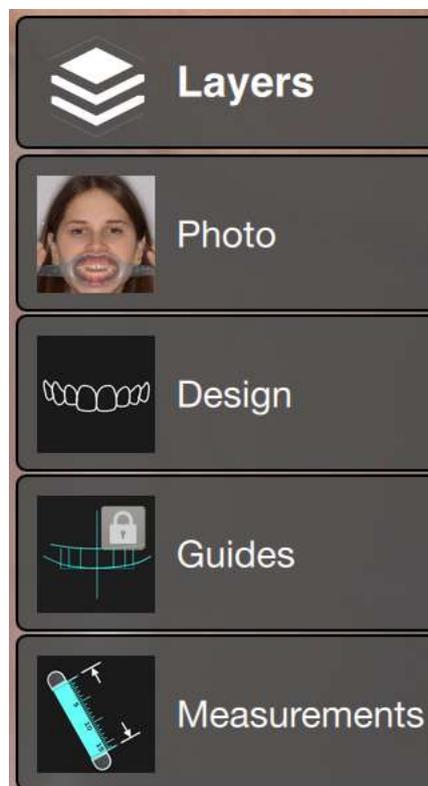


Figure 108 : L'outil « layers » permet de faire apparaître plus ou moins d'informations à l'écran ou de les masquer à tout moment. (Source : document personnel)

Le praticien peut également réaliser la conception sur les photos occlusales et à midi. Cependant, de la même manière que pour le DSD, ces informations ne sont pas fondamentales pour la réalisation des futures wax-up. Leur utilisation prend plus d'importance dans les cas de traitement orthodontique.

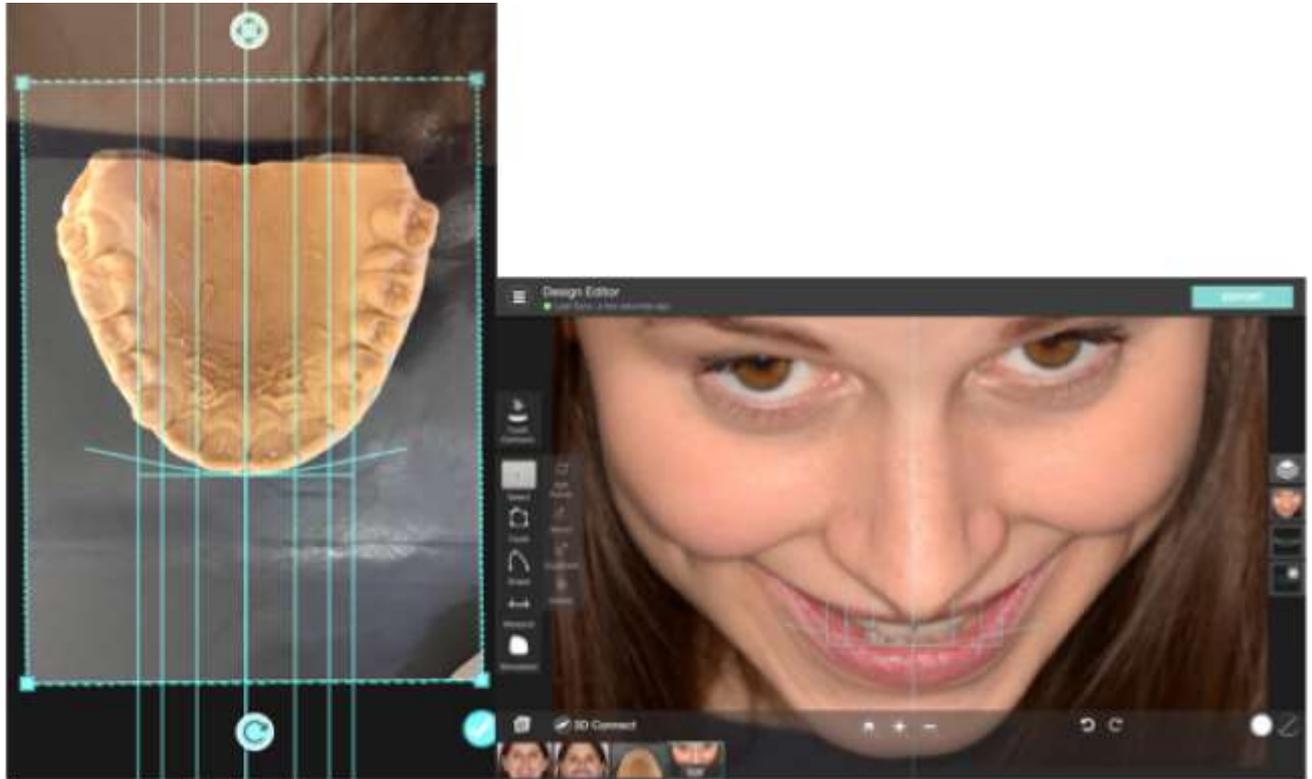


Figure 109 : Il est possible de placer les échelles de proportion sur les photos occlusale et à midi.
(Source : document personnel)

Une fois le travail terminé, il est possible d'exporter le cas. Il s'agit de la réalisation de montages de plusieurs photographies sur une même image. On peut ainsi faire apparaître côte à côte les photographies avant et après la simulation pour les présenter au patient ou la photographie des mesures de la conception numérique pour demander les wax-up au prothésiste et assurer une meilleure communication.



Figure 110 : Exportation finale avec les photos avant et après simulation.
(Source : document personnel)

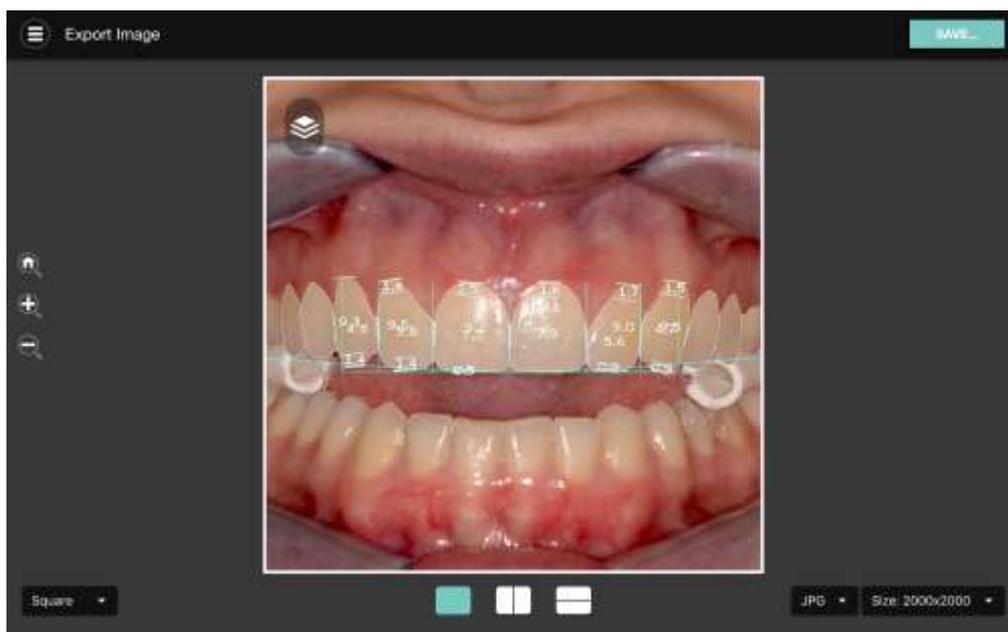


Figure 111 : Exportation finale permettant de communiquer les mesures au prothésiste.
(Source : document personnel)

Pour l'essai de ce logiciel, nous n'avons pas réalisé le wax-up et le mock-up issus de la conception car la méthode est similaire à celle du DSD. Il faut reporter les mesures de la conception numérique sur le modèle en plâtre, réaliser un wax-up conventionnel en cire puis le reporter en bouche grâce à une clef de transfert.

4.3.2. Conclusions et avis personnel

Le logiciel Smile Designer Pro® reprend toutes les étapes du DSD pour une conception en deux dimensions d'un sourire numérique. Cependant le fait que la plupart des étapes soient automatisées représente un gain de temps très conséquent. Le placement automatique des lignes de références, la superposition des deux photographies par le logiciel, le placement des guides et le tracé des contours sont des étapes très longues sur le logiciel Keynote. Ici elle ne représente que quelques secondes de travail car tous les outils sont adaptés à la conception du sourire. Pour un résultat similaire, il est possible de réaliser une conception complète en environ 15 minutes contre 2h de travail pour la méthode du DSD. Par ailleurs, le fait de pouvoir choisir la texture des dents de la patiente lors de l'étape de simulation permet un aperçu beaucoup plus naturel et réaliste que celui obtenu lors du DSD.

Comme pour le DSD, aucune réalisation en trois dimensions n'est possible avec le Smile Designer Pro®. Cependant un outil nommé « 3D connect » permet de se servir de la conception en deux dimensions comme d'un calque en arrière-plan d'un logiciel de CFAO. Nous montrerons cette fonctionnalité dans la suite de ce travail.

Le logiciel Smile Designer Pro® représente un investissement non négligeable contrairement à la méthode du DSD qui utilise un logiciel gratuit (Keynote). La rapidité et la qualité de la conception numérique du sourire qu'il permet ont donc un prix. Il faut compter 79 euros pour la réalisation d'un cas et 990 euros pour une utilisation annuelle du logiciel.

Points essentiels du protocole:

- Import des photos (une seule nécessaire mais possibilité d'en importer plus)
- Conception des contours du nouveau sourire et des mesures
- Réalisation de la simulation
- Export des différentes images avant/après et des mesures pour communiquer avec le patient et le prothésiste

Tableau 7 : Avantages et inconvénients du logiciel Smile Designer Pro®.
(Source : document personnel)

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none">• Conception réalisable en très peu de temps grâce aux nombreuses étapes automatisées• Nombreux outils et formes disponibles pour la conception numérique• Etat de surface des dents du patient utilisable pour la simulation• Possibilité de créer un calque pour un logiciel de CFAO grâce à l'outil « 3D Connect »	<ul style="list-style-type: none">• Conception en deux dimensions donc pas exactement reproductible cliniquement malgré les mesures• Logiciel relativement onéreux

4.4. Essai du module CEREC Smile Design®

Le CEREC Smile Design® est un module de conception numérique du sourire développé pour les logiciels InLab® et CEREC® de Dentsply-Sirona. Il s'agit donc d'un outil intégré à un logiciel de CFAO.

4.4.1. Différentes étapes du protocole du CEREC Smile Design®

Pour pouvoir utiliser ce module, il est nécessaire d'enregistrer une empreinte optique du patient. Nous avons utilisé ici une caméra intra buccale 3Shape pour enregistrer l'arcade maxillaire, l'arcade mandibulaire et l'occlusion de la patiente.

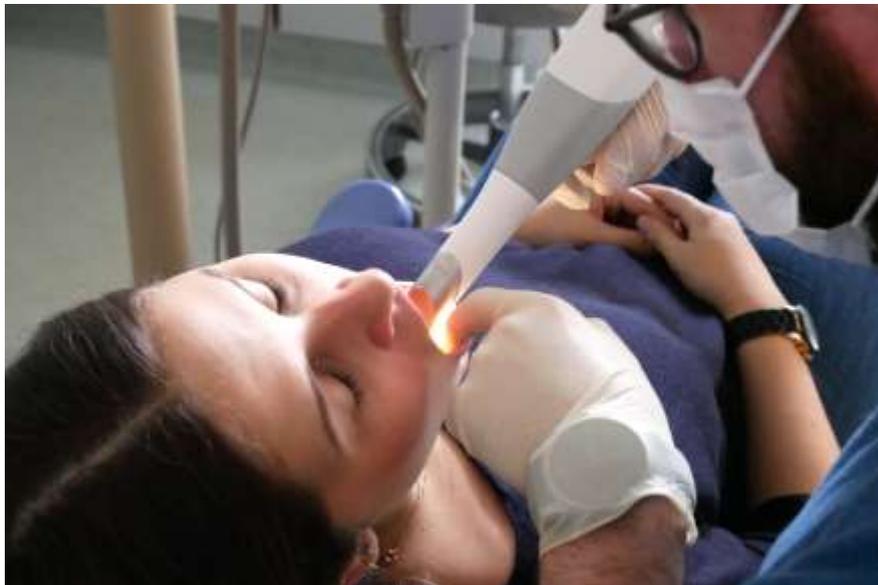


Figure 112 : Enregistrement de l'empreinte optique de la patiente. (Source : document personnel)

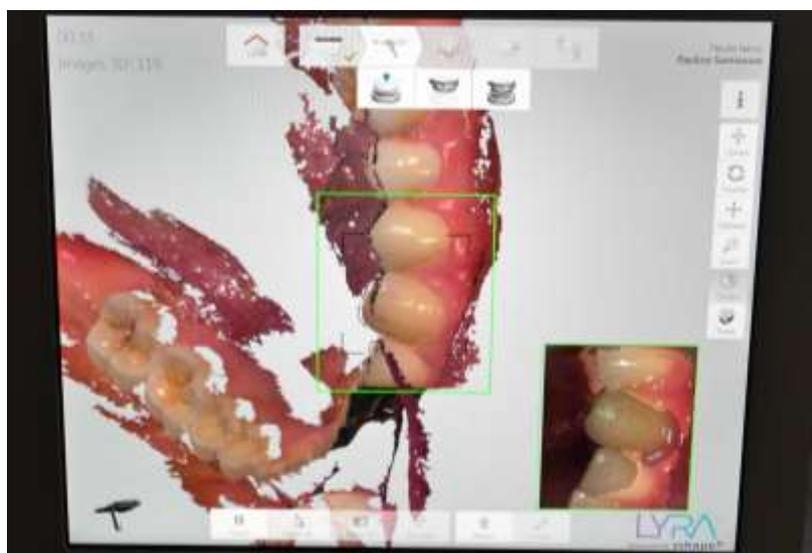


Figure 113 : Empreinte optique mandibulaire en cours d'acquisition. (Source : document personnel)

Lorsqu'on ouvre le logiciel InLab®, la première étape est de remplir le bon de commande nécessaire à la traçabilité du cas. Celui-ci contient les informations administratives du patient. Puis on renseigne le travail à effectuer. Ici la réalisation de facettes de 13-12-11-21-22-23. Il faut également choisir le type d'usinage ainsi que le choix du matériau utilisé. On importe enfin le modèle numérique de la patiente. Pour des soucis de compatibilité, nous avons exporté l'empreinte optique au format STL puis l'avons réimportée dans le logiciel InLab® ce qui explique l'absence de couleur sur le modèle numérique.

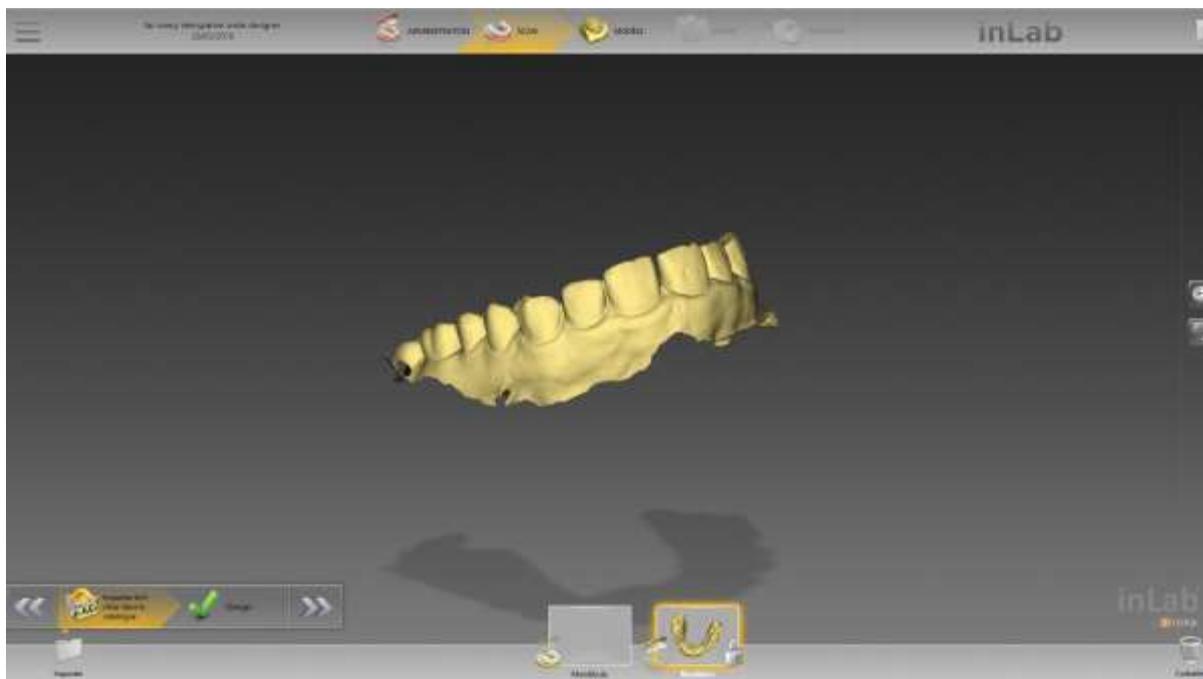


Figure 114 : Import de l'empreinte optique au format STL. (Source : document personnel)

Une fois la partie administrative et l'importation des modèles terminées, nous devons effectuer l'emboxage numérique des modèles. Un bon positionnement de ces derniers est un élément essentiel du futur smile design. Il faut bien symétriser les arcades dans les contours prévus à cet effet et positionner correctement le plan d'occlusion en fonction des lignes indiquées par le logiciel.

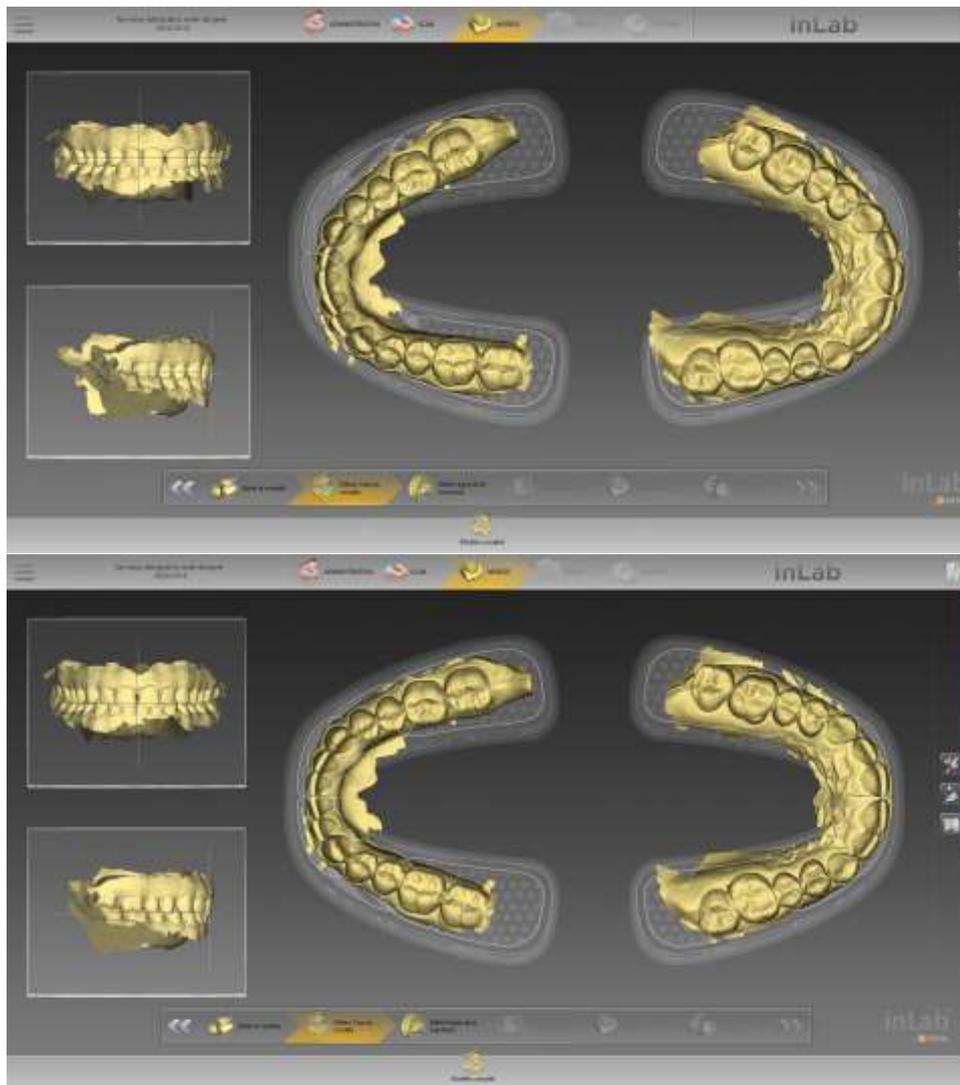


Figure 115 : Photos des modèles numériques avant emboxage (en haut) et après (en bas).
(Source : document personnel)

L'étape suivante est le tracé des lignes de préparation. Ici les dents ne sont pas préparées car on veut réaliser des mock-up issus de la conception du sourire. Donc on trace les contours en suivant le collet des dents au niveau gingival et en effectuant uniquement un léger retour sur le bord libre des dents antérieures.

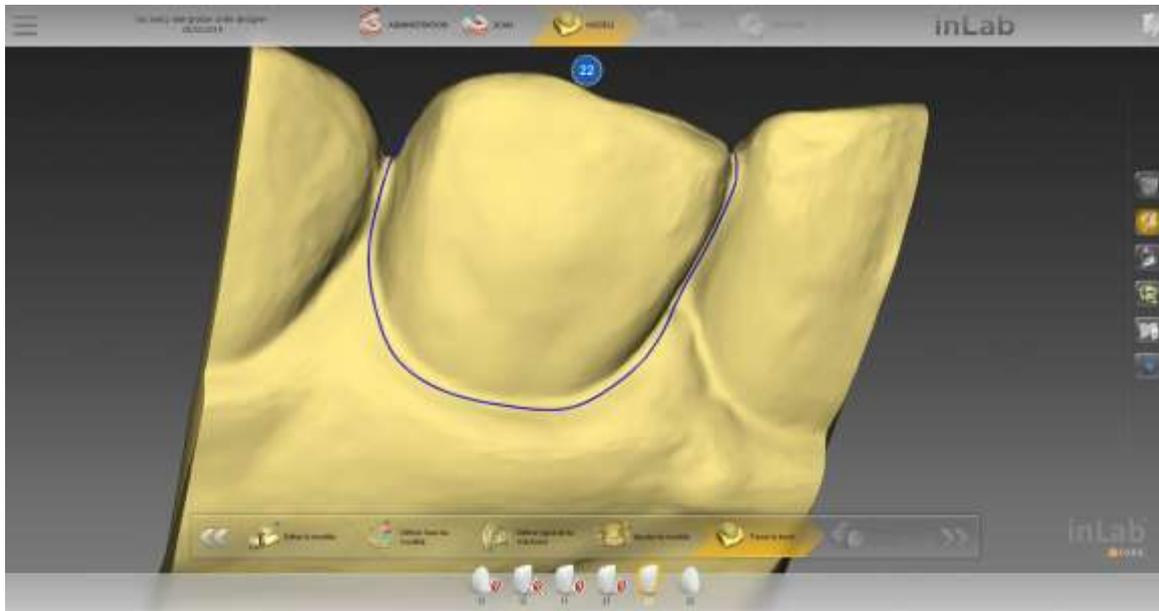


Figure 116 : Les lignes de préparation (en bleu) sont tracées pour chaque dent.
(Source : document personnel)

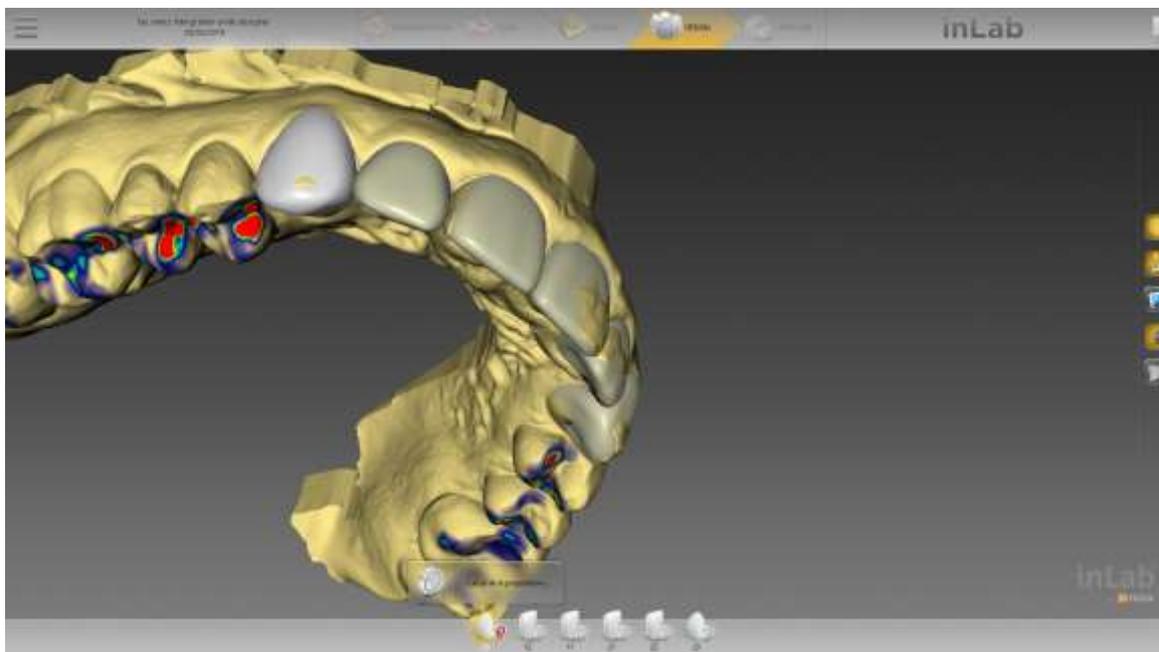


Figure 117 : Calcul de la conception numérique en cours. (Source : document personnel)

Une fois ces lignes tracées, le logiciel calcule une première proposition de conception des restaurations. C'est à ce moment du protocole qu'il nous est possible d'ouvrir le module de Smile Design. Le logiciel nous demande alors d'importer une photo de la patiente de face avec un sourire. Nous avons repris celle réalisée dans le cadre du protocole du DSD. Un seul cliché est donc nécessaire pour l'utilisation de ce logiciel. C'est un avantage d'un point de vue pratique mais cela ne nous montre qu'un seul point de vue pour la réalisation de la conception. La photo apparaît à côté d'un avatar de visage en trois dimensions de couleur bleu. Il faut alors placer sur la photo 16 points caractéristiques qui sont indiqués sur l'avatar. On se rend compte que les 16 points correspondent, une fois reliés, aux lignes de référence du visage. On place par exemple deux points au niveau de chaque commissure, deux points au niveau des yeux, 5 points sur la ligne médiane...

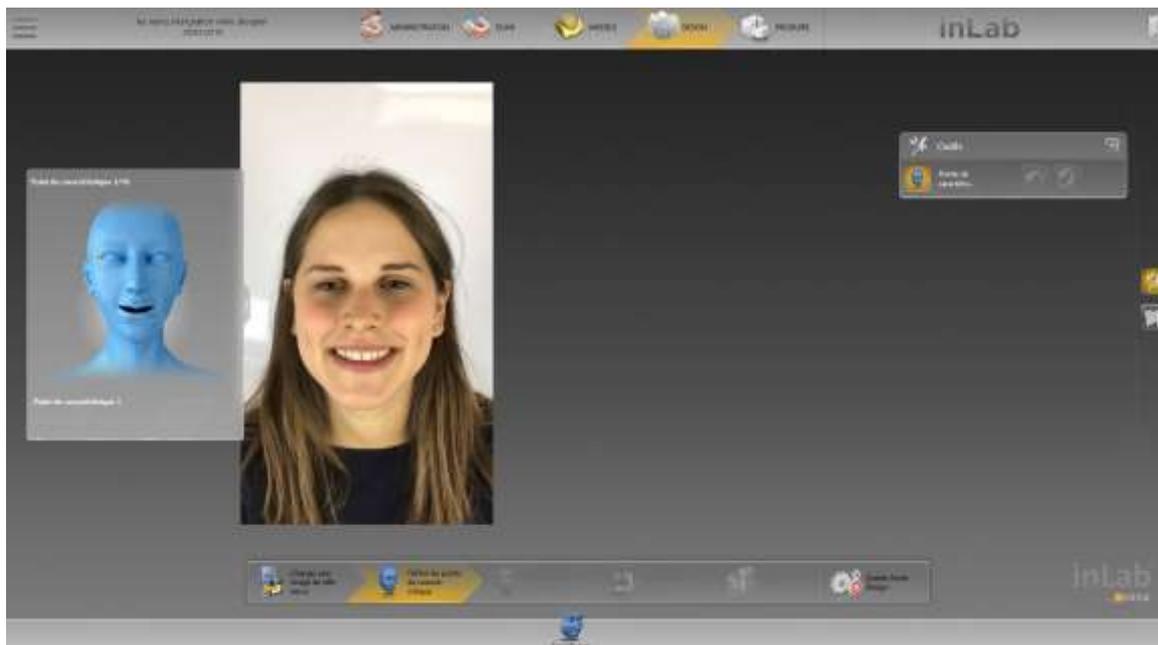


Figure 118 : Les 16 points demandés par le logiciel sont placés un à un sur la photo de la patiente.
(Source : document personnel)

Une fois tous les points tracés il faut renseigner la distance entre les canthi latéraux, c'est-à-dire entre les deux extrémités externes des yeux. La mesure prise sur la patiente est de 86mm. Cela permet au logiciel de dérouler la photo en deux dimensions sur l'avatar en trois dimensions dans les bonnes proportions.



Figure 119 : La distance entre les canthi-lathéraux est rentrée dans le logiciel, ici 86mm.
(Source : document personnel)

Nous avons donc obtenu l'avatar en trois dimensions du visage la patiente. Il nous reste maintenant à placer l'arcade maxillaire dans cet avatar.

Ce placement n'est malheureusement pas fait de manière automatique par le logiciel et reste une source d'erreur car il est réalisé de manière empirique. On peut néanmoins s'aider de la photographie pour lui faire correspondre le modèle en trois dimensions mais le choix du plan d'occlusion reste subjectif. Il est possible de palier à ce problème en utilisant un articulatoire numérique. Néanmoins, nous n'étions pas en possession de tels moyens techniques lors de la réalisation de ce cas.



Figure 120 : Placement du modèle numérique dans l'avatar en trois dimensions en vue de face.
(Source : document personnel)

Il est possible de palier à ce problème en utilisant un articulateur numérique. Néanmoins, nous n'étions pas en possession de tels moyens techniques lors de la réalisation de ce cas.

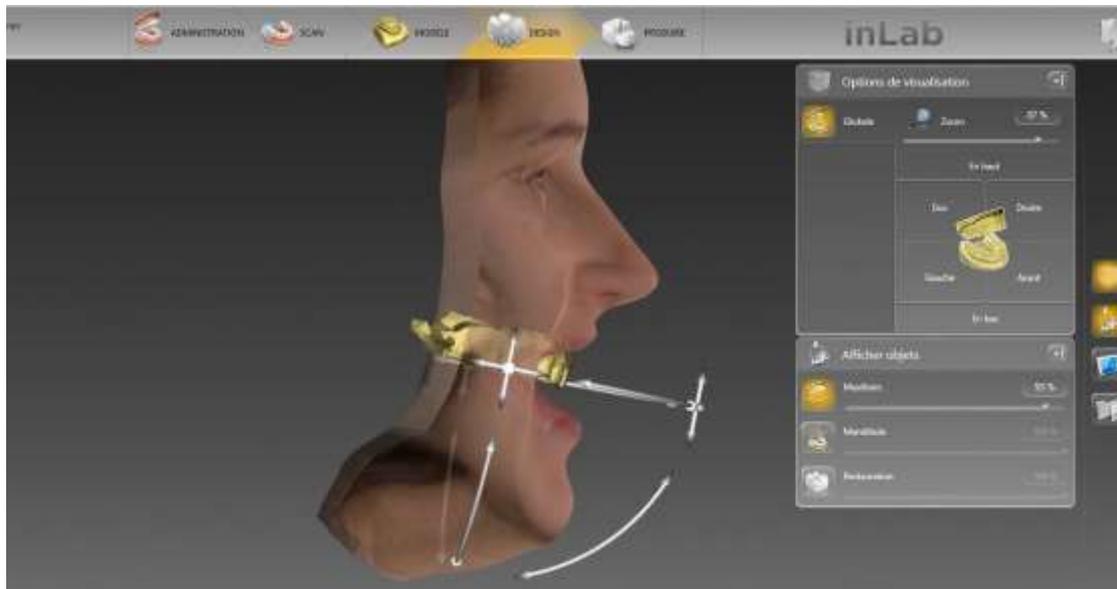


Figure 121 : Placement du modèle numérique dans l'avatar en vue de profil.
(Source : document personnel)

Après avoir placé les différents plans sagittaux et d'occlusion, nous pouvons réaliser la conception des facettes sur le logiciel et les visualiser à tout moment dans l'avatar de la patiente grâce au module de Smile Design.



Figure 122 : Visualisation de la conception numérique au sein de l'avatar 3D de la patiente.
(Source : document personnel)

Tous les volumes dentaires peuvent être modifiés. Des outils existent pour ajouter ou supprimer de la matière, pour lisser certaines zones. Des effets appliqués à l'état de surface permettent de caractériser la conception. Il est par exemple possible de faire apparaître des stries de croissance ou de faire plus ou moins ressortir les mamelons dentinaires. La conception du nouveau sourire en trois dimensions correspond ici à la conception numérique de la future restauration. Il s'agit donc de la création du wax-up numérique.

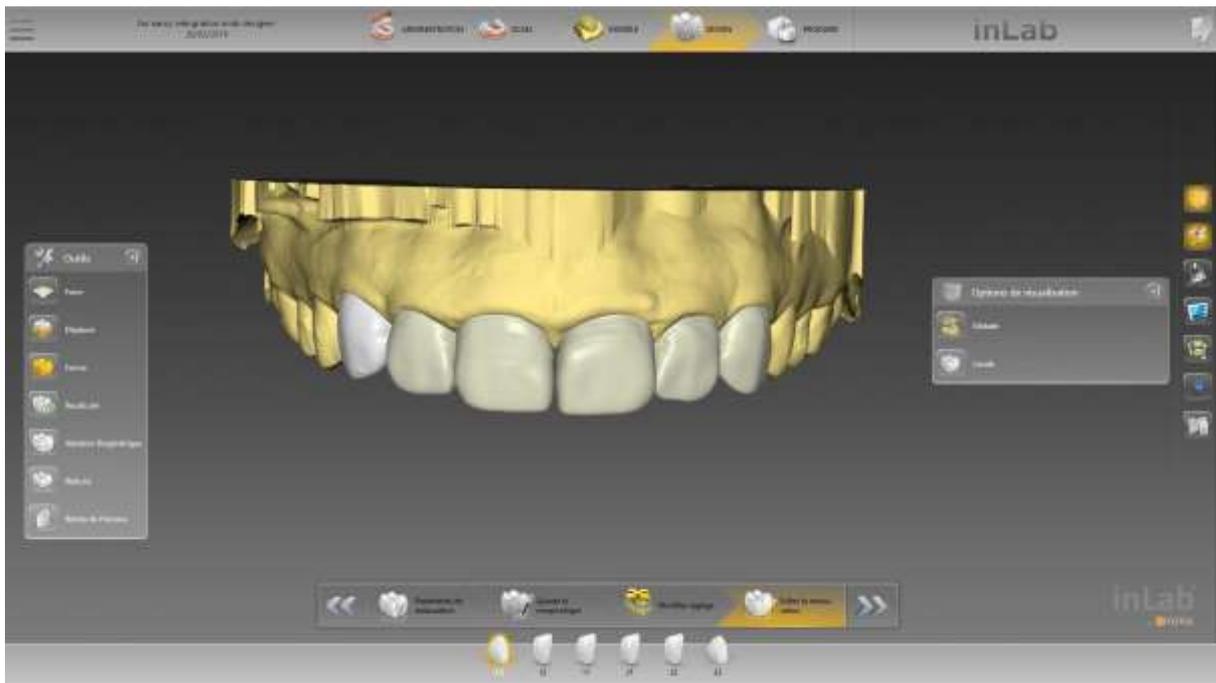


Figure 123 : Effet appliqué à l'état de surface permettant de faire ressortir les stries de croissance.
(Source : document personnel)

Une fois la conception terminée, il est possible soit d'usiner les facettes en résine qui serviront de mock-up, soit d'exporter les conceptions au format STL pour imprimer le nouveau sourire en trois dimensions. Nous verrons ces applications dans la suite des essais.

4.4.2. Conclusions et avis personnel

Le principal avantage du Cerec Smile Design® est qu'il permet une conception du sourire en trois dimensions en fonction du visage de la patiente. Cela nous rapproche grandement de la réalité clinique contrairement au logiciel de conception en deux dimensions qui trouvent leur limite dans leur reproductibilité en bouche.

Cependant, il est important de noter que des facteurs de déformation existent et éloignent légèrement notre perception de la réalité clinique. Il faut que l'écran de l'ordinateur soit calibré de manière adaptée pour que l'image corresponde à ce qui est visible cliniquement. De plus, il est à noter que l'image de l'empreinte optique renvoyée par le logiciel est toujours légèrement déformée par rapport à la réalité.

L'autre avantage notable est la reproductibilité quasi exacte en bouche de la conception numérique. En effet, les facettes usinées en résine ou le modèle imprimé en trois dimensions correspondent presque exactement au sourire virtuel que nous avons réalisé. Cela diffère des méthodes en deux dimensions où la réalisation du wax-up en cire, bien que ressemblante, était plus aléatoire.

Cependant, au-delà de la visualisation du sourire dans le visage en trois dimensions, aucun outil ne nous guide dans sa conception. On regrettera l'absence d'échelle de proportion, de différentes formes automatisées, de placement de ligne du sourire... Tous ces outils, que l'on retrouve dans les logiciels de conception en deux dimensions précédemment testés ne sont pas disponibles sur le Cerec Smile Design®.

Points essentiels du protocole :

- Enregistrement de l'empreinte optique
- Projection de la photo sur l'avatar en trois dimensions dans lequel on place le modèle numérique
- Conception du sourire en trois dimensions
- Usinage du mock-up ou impression 3D de la conception

Tableau 8 : Avantages et inconvénients du module CEREC Smile Design®
(Source : document personnel)

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none">• Module d'un logiciel de CAO donc conception du sourire en trois dimensions reproductible cliniquement• Avatar en trois dimensions permettant la visualisation du nouveau sourire dans le visage du patient• Différents effets possibles sur l'état de surface• Possibilité d'usinage ou d'impression 3D pour la réalisation du mock-up	<ul style="list-style-type: none">• Placement empirique du modèle numérique dans l'avatar du patient• Aucun outil permettant de guider la conception du sourire• Logiciel en Lab ou Cerec nécessaire• Une seule photo possible pour l'avatar en 3 dimensions

4.5. Essai de la combinaison de deux logiciels : Smile Designer Pro® et Cerec Smile Design®

Pour palier le manque de reproductibilité clinique de la conception numérique en deux dimensions et le manque d'outils guidant les proportions du sourire disponibles dans le Cerec Smile Design®, nous avons essayé la combinaison des deux logiciels. Cela a été rendu possible grâce à l'outil « 3D Connect » du Smile Designer Pro®.

4.5.1. Différentes étapes du protocole combinant le Smile Designer Pro® et le Cerec Smile Design®

La première étape de ce protocole consiste en la réalisation d'une conception en deux dimensions du sourire grâce aux différents outils du Smile Designer Pro®. Nous avons ici repris un design avec une forme ovale, un ratio de 85% pour les incisives centrales et effectué une légère élongation coronaire. Nous ne détaillerons pas les étapes ici dans un souci de répétition, cette étape étant déjà détaillée au sein du paragraphe relatif à l'essai de ce logiciel.



Figure 124 : Conception en deux dimensions réalisée avec Smile Designer Pro®
(Source : document personnel)

Le logiciel InLab® est ensuite ouvert et les étapes sont réalisées jusqu'à la préparation du modèle. A ce moment du protocole, les deux logiciels sont ouverts conjointement et l'option 3D Connect du Smile Designer Pro est activée. Elle permet de laisser les contours de la conception en deux dimensions en arrière-plan du logiciel de conception 3D.

Une jauge est disponible pour pouvoir faire varier la transparence du calque pour plus ou moins de visibilité et une option de verrouillage du calque existe.



Figure 125 : Superposition du calque de la conception 2D sur le modèle numérique en 3D.
(Source : document personnel)

Il faut ensuite faire correspondre la taille du calque en deux dimensions avec le modèle virtuel en trois dimensions en vue de face. Un outil est disponible sur InLab® pour remettre le modèle en trois dimensions de face dès que cela est nécessaire. Une fois que les deux se superposent parfaitement, nous commençons la préparation du modèle pour réaliser une élongation coronaire numérique. Nous utilisons l'outil de soustraction de matière sur le modèle virtuel de la patiente en suivant les contours du calque au niveau de la gencive des dents 13-12-11-21-22-23.

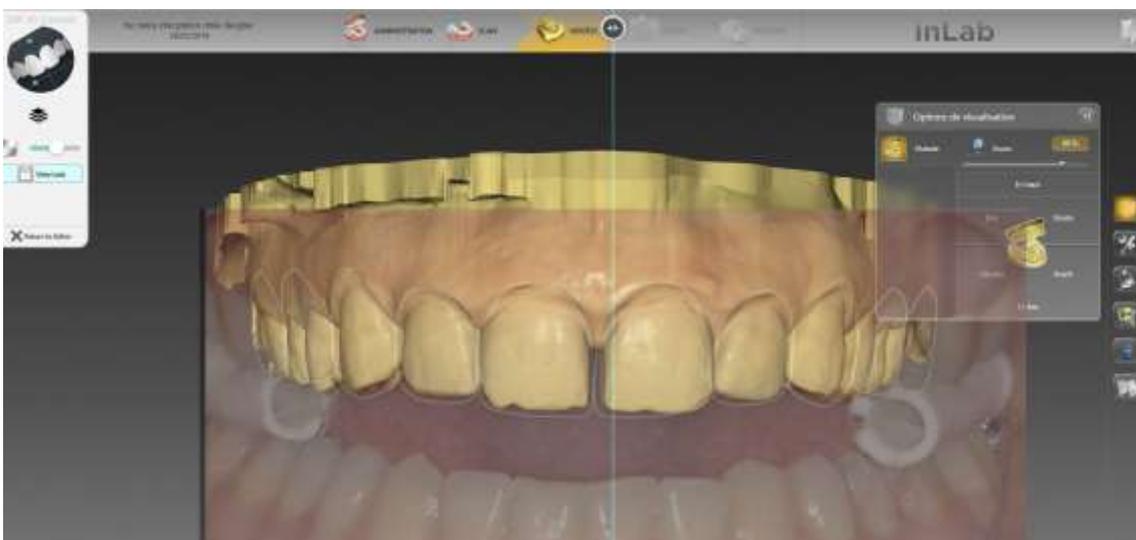


Figure 126 : Élongation coronaire réalisée numériquement sur le modèle en suivant le calque de la conception 2D. (Source : document personnel)

Les lignes de préparation sont ensuite tracées de la même manière en suivant, au niveau cervical le calque, et en effectuant un léger recouvrement du bord libre. Toutefois, nous n'irons pas jusqu'à la réalisation d'un vrai retour en palatin pour ne pas gêner l'insertion des futurs mock-up.

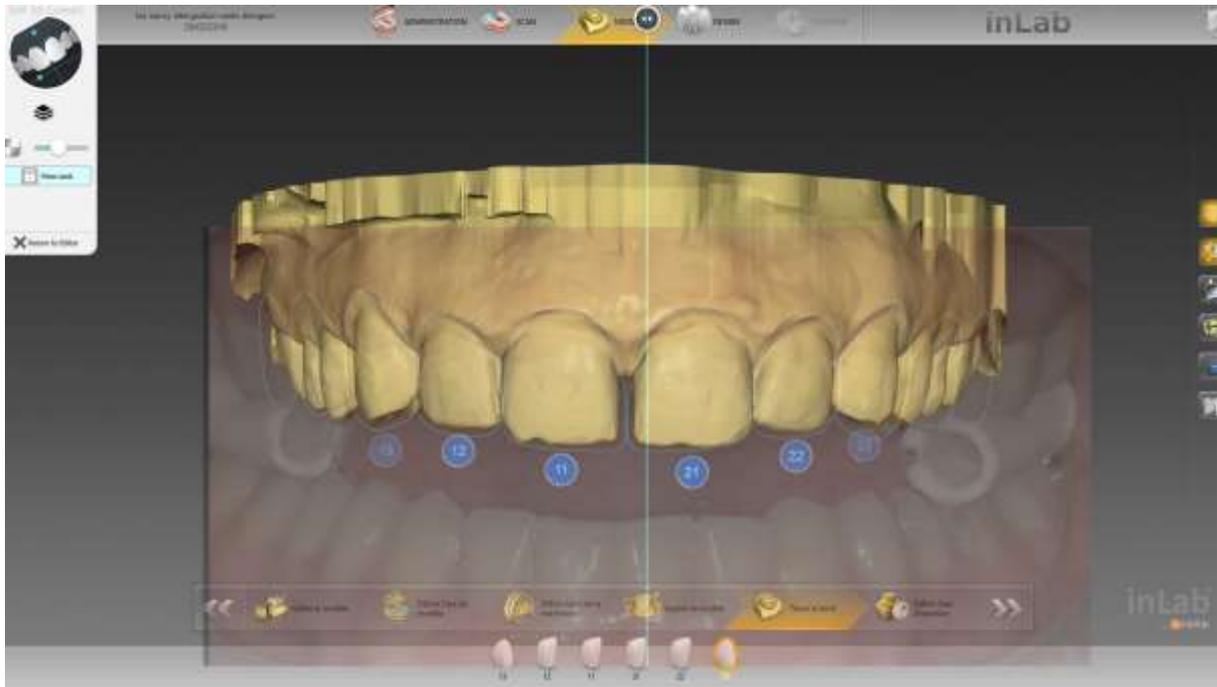


Figure 127 : Les lignes de préparation sont tracées en suivant le calque au niveau cervical.
(Source : document personnel)

Il s'agit ensuite de mettre en œuvre la conception des wax-up numériques. Là aussi on se sert du calque comme guide en vue de face. On fait varier les volumes de chaque dent pour les faire rentrer parfaitement dans les contours de la conception en deux dimensions.

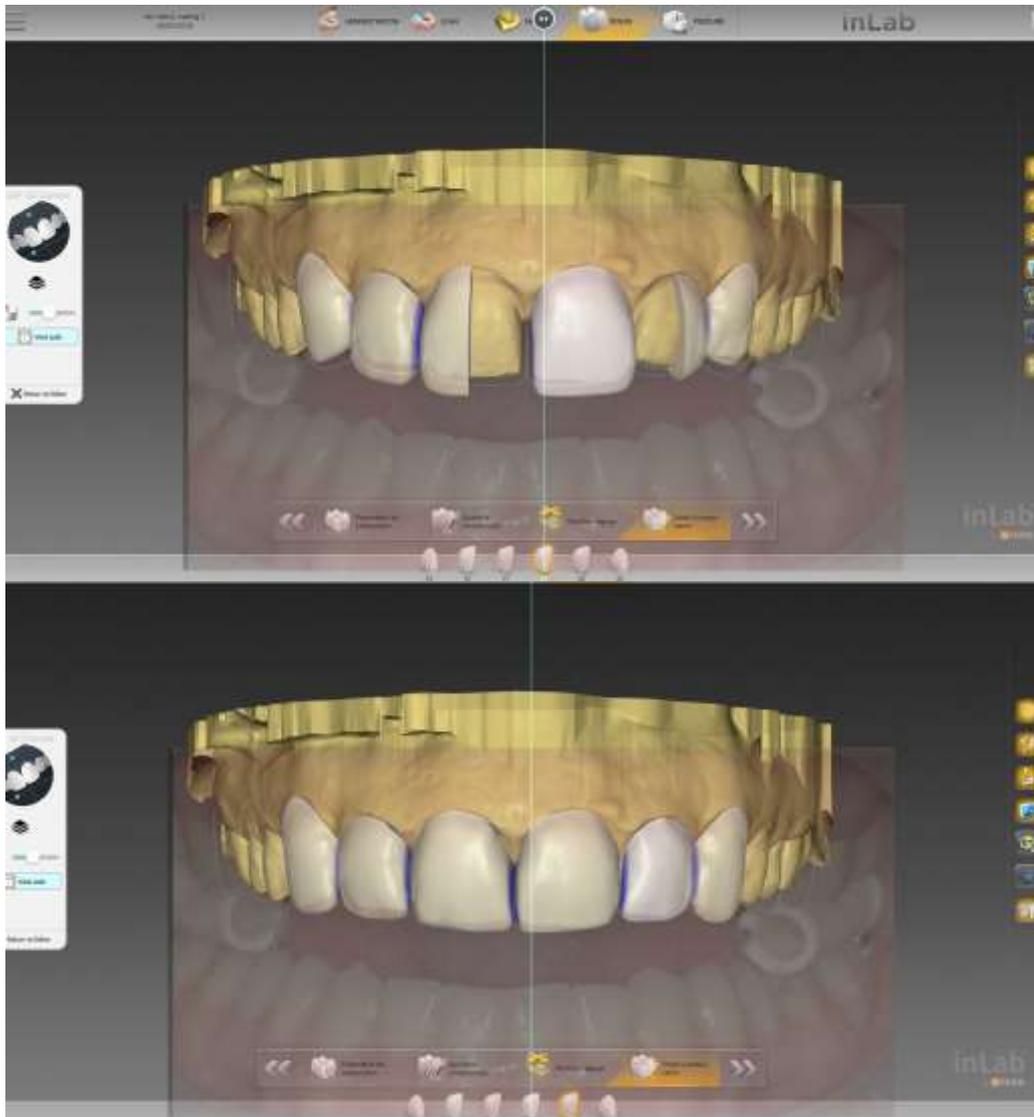


Figure 128 : Réalisation du wax-up numérique en faisant rentrer les volumes un à un dans le calque de la conception en deux dimensions. (Source : document personnel)

Une fois le design des six antérieures terminées, on peut vérifier leur parfaite symétrie grâce à un outil de grille proposé par le CEREC Smile Design. Le modèle peut ensuite être tourné pour modifier les bombés vestibulaires et les lignes de transition. Ici le calque ne guide plus la conception sur les vues de profil.

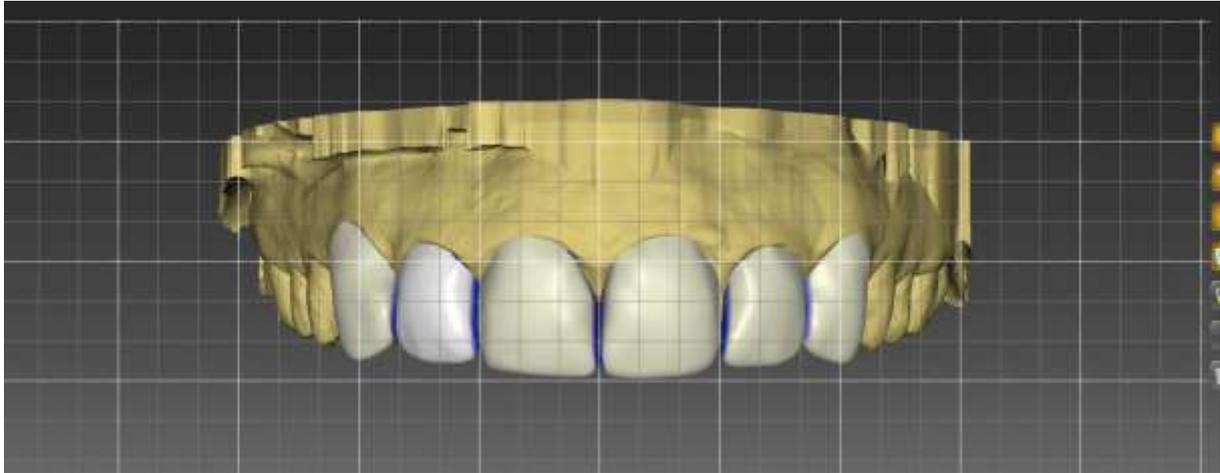


Figure 129 : L'outil de grille permet de vérifier la parfaite symétrie de la conception 3D.
(Source : document personnel)

Enfin, pour finir, un effet est appliqué à l'état de surface pour donner du caractère aux futures facettes.

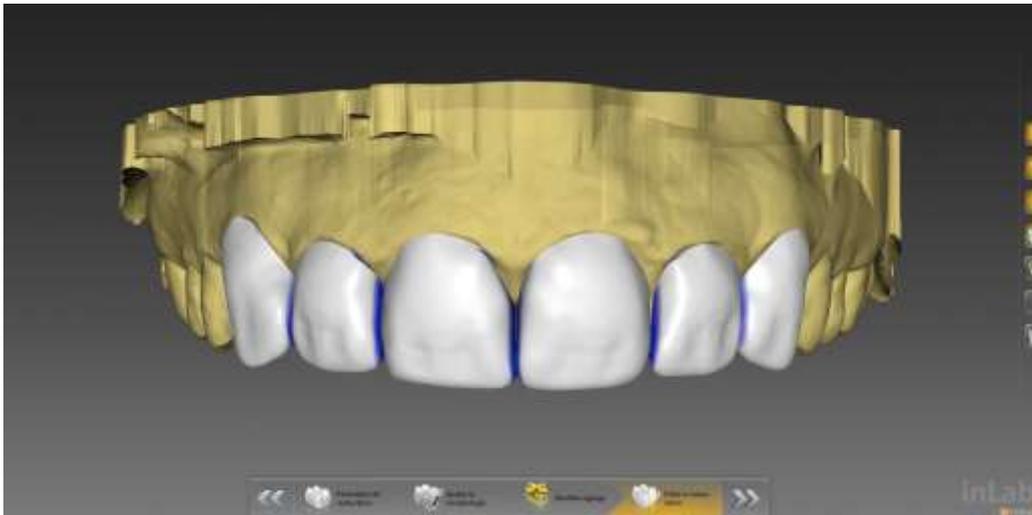


Figure 130 : Caractérisation de l'état de surface en ajoutant un effet de texture.
(Source : document personnel)

Pendant toutes les étapes de la conception, le praticien peut visualiser le nouveau sourire dans l'avatar en 3D du patient. Cette conception correspond à un wax-up numérique.



Figure 131 : Visualisation de la conception dans l'avatar 3D de la patiente.
(Source : document personnel)

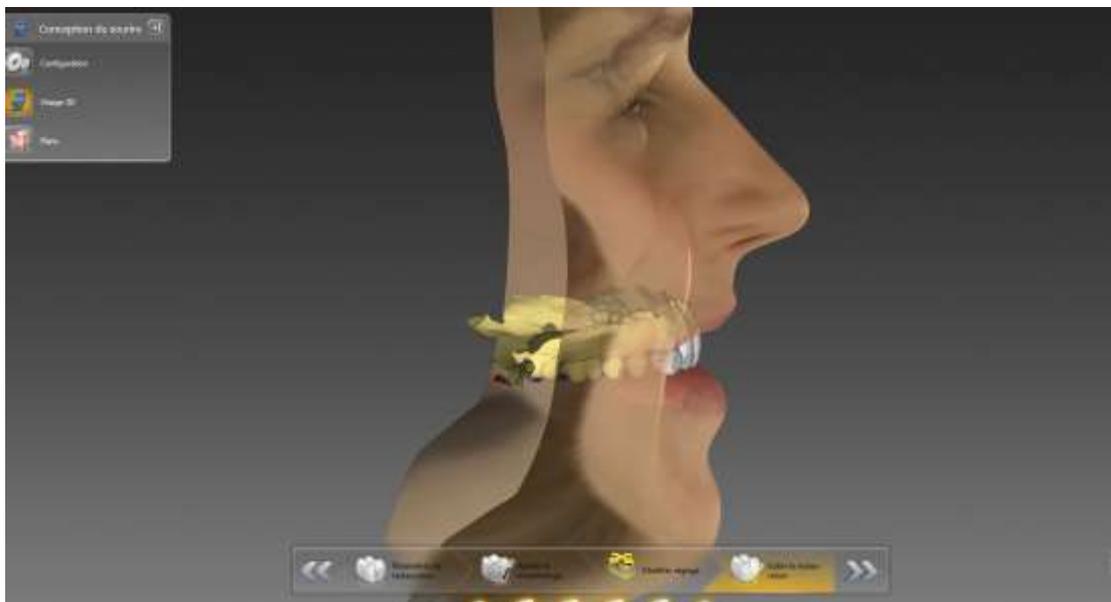


Figure 132 : Visualisation de la conception dans l'avatar 3D en vue de profil.
(Source : document personnel)

Pour créer le mock-up correspondant et l'essayer en bouche, nous avons expérimenté deux méthodes. L'usinage des facettes en résine PMMA dans un premier temps et l'impression en trois dimensions du wax-up numérique dans un second temps.

4.5.2. Usinage et essayage des facettes en résine servant de mock-up

Une fois la conception des facettes terminées, nous les avons usinées en résine pour réaliser le mock-up et ainsi pouvoir essayer le projet prothétique de manière esthétique et fonctionnelle. Nous avons utilisé un disque de résine composite VITA CAD-Temp® multicolor qui est un polymère d'acrylate réticulé et micro chargé. Le disque a été placé dans une unité de fraisage à 5 axes inLab MC X5 de chez Dentsply-Sirona.

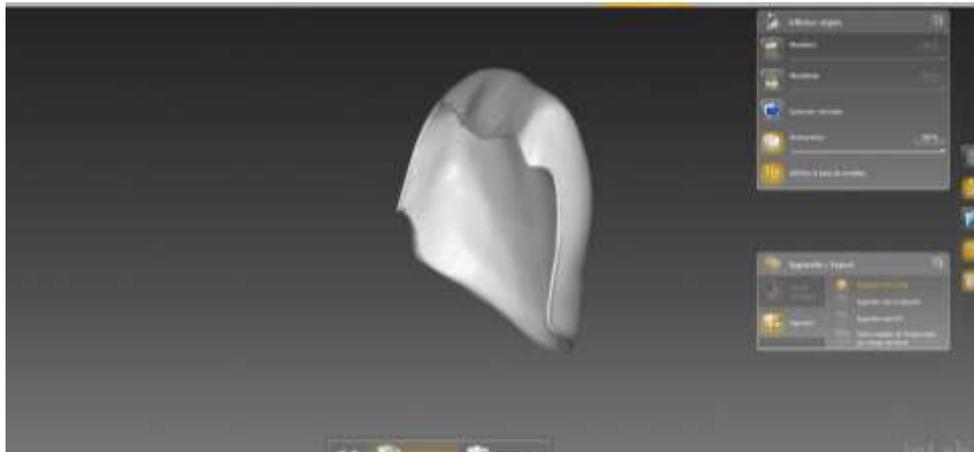


Figure 133 : Les facettes sont prêtes à être usinées. (Source : document personnel)

Nous avons choisi numériquement l'emplacement de l'usinage de chaque facette sur le disque en résine et placé les queues de rétention (il est nécessaire d'en placer deux par facette). L'usineuse se met ensuite en marche. La fabrication des facettes dure environ une heure.

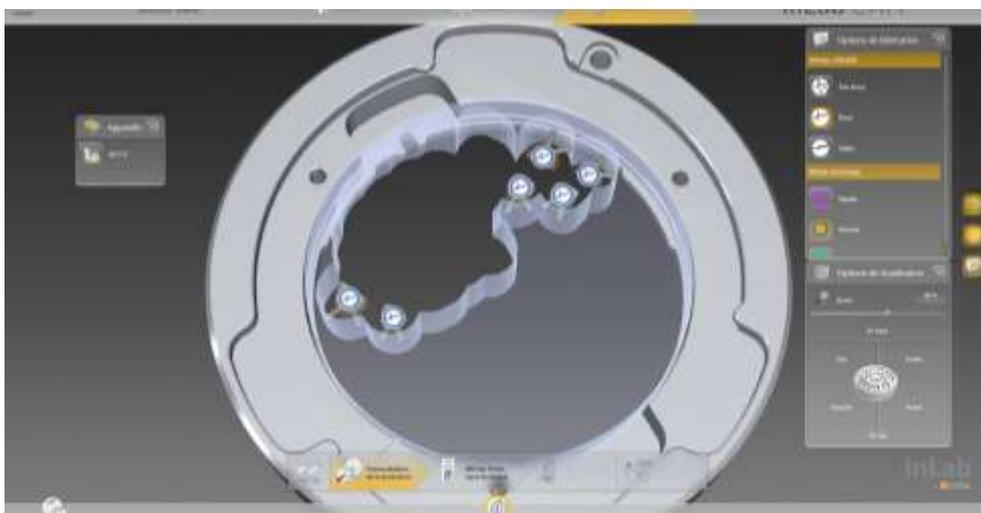


Figure 134 : L'emplacement de chaque facette est choisi numériquement dans le disque et les queues de préhension sont placées. (Source : document personnel)



Figure 135 : Le disque est placé dans l'usineuse et l'unité de fraisage travaille pendant une heure.
(Source : document personnel)

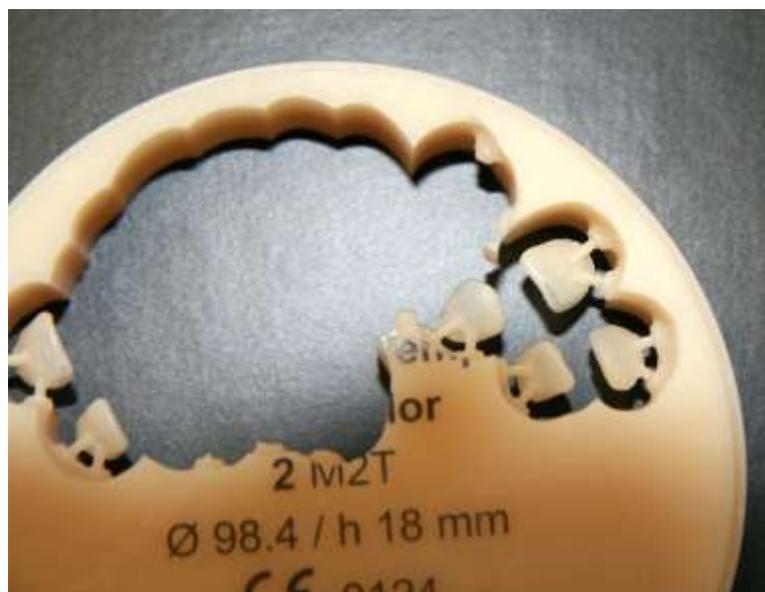


Figure 136 : A la fin de l'usinage, les facettes sont retenues dans le disque par les queues de préhension. (Source : document personnel)

A la fin de l'usinage les facettes sont décrochées du disque en résine puis polies. On constate leur très grande finesse. En effet, aucune préparation dentaire n'a été réalisée car elles servent ici de mock-up.



Figure 137 : Les facettes sont décrochées du disque puis polies. Elles sont prêtes à être essayées en bouche. (Source : document personnel)

Les six facettes sont ensuite essayées en bouche. Pour assurer une légère adhésion lors de l'essayage, nous avons utilisé une pâte try-in de chez Ivoclar Vivadent. Les facettes s'adaptent parfaitement aux dents de la patiente. Elles recouvrent légèrement la gencive sans exercer de compression trop importante. On constate qu'elles correspondent à la conception numérique réalisée en deux dimensions. Elles permettent ainsi une validation esthétique du projet. La patiente peut également repartir avec les facettes pour pouvoir les montrer à son entourage et se faire son propre avis sur une durée plus longue. Il est à noter que le regard des proches est extrêmement important dans le cadre d'une réhabilitation esthétique.



Figure 138 : Les facettes sont essayées en bouche à l'aide d'une pâte try-in.
(Source : document personnel)



Figure 139 : Le mock-up permet une validation esthétique et fonctionnelle du projet.
(Source : document personnel)

4.5.3. Impression 3D de la conception numérique et fabrication d'une gouttière thermoformée

Il existe une autre option de réalisation du mock-up issu de la conception numérique des facettes. Il s'agit de l'impression en trois dimensions de la conception. Une fois que cette dernière est terminée sur le logiciel InLab, il est possible de l'exporter au format STL. Ce fichier peut ensuite être ouvert par n'importe quel logiciel de visualisation étant compatible avec ce format. Ici nous avons utilisé les logiciels e-drawings® et autodesk meshmixer®. Ce dernier permet une visualisation des séries de triangle propre au format STL définissant la surface externe de l'objet à imprimer.

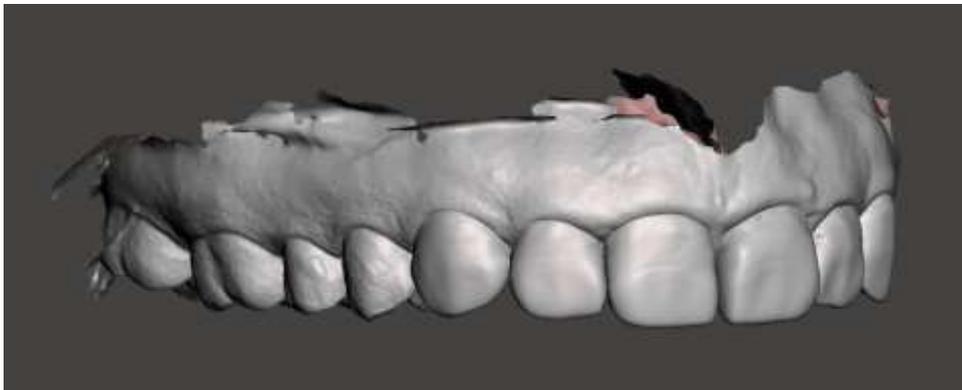


Figure 140 : La conception finale est exportée au format STL pour l'impression 3D.
(Source : document personnel)

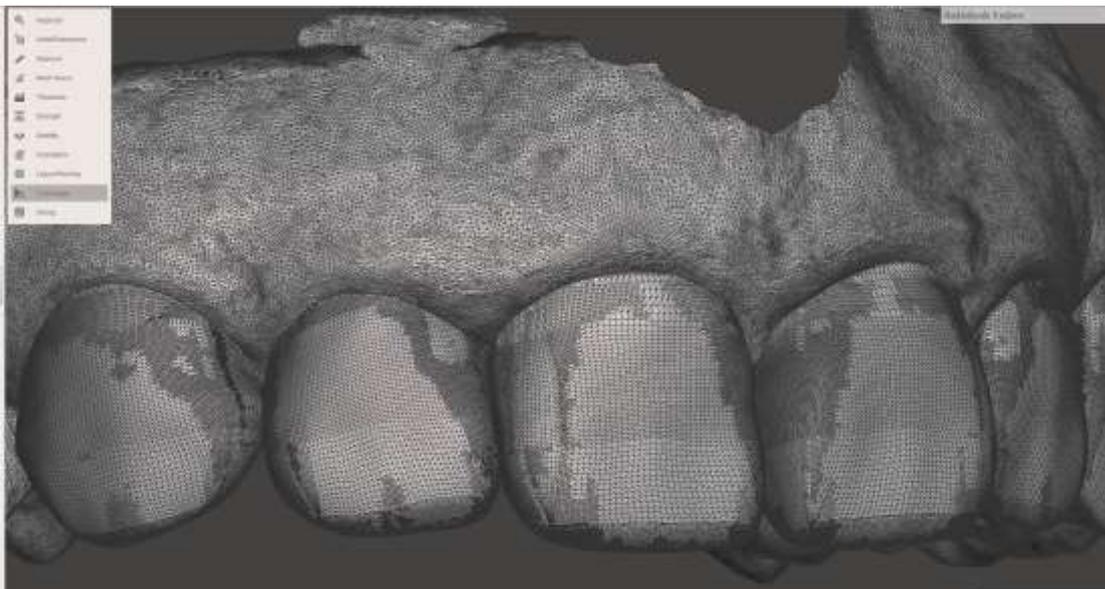


Figure 141 : Certains logiciels permettent la visualisation de la suite de triangles propre au format STL. (Source : document personnel)

Le fichier STL de la conception est ensuite envoyé vers une imprimante 3D. Nous avons utilisé le modèle UP Plus 2. C'est une machine de milieu de gamme permettant une impression à une précision de 150 microns. L'impression de l'arcade avec la conception du sourire a duré environ une heure.

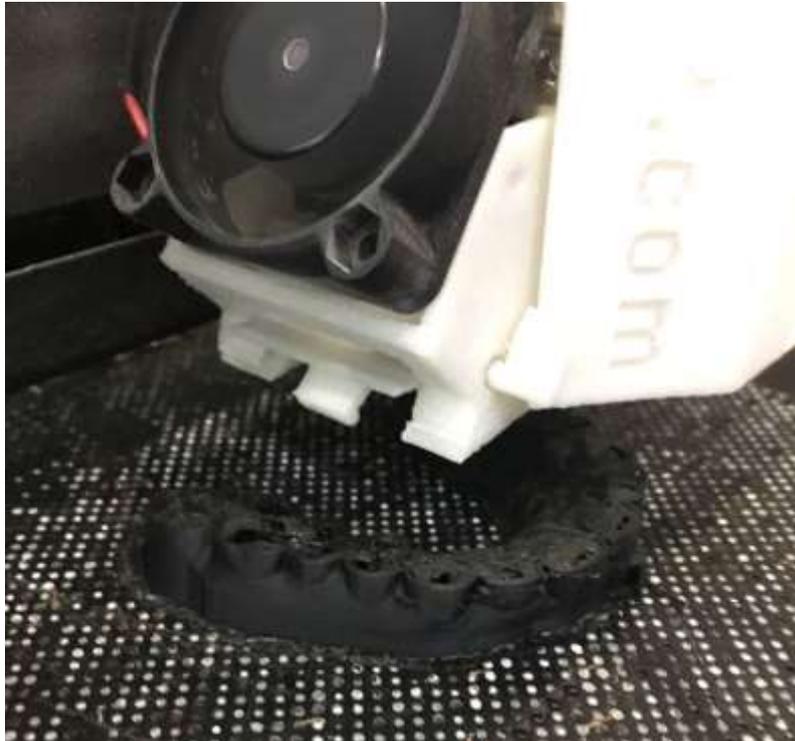


Figure 142 : Modèle en cours d'impression 3D. (Source : document personnel)



Figure 143 : Modèle de la conception finale imprimé en 3D. (Source : document personnel)

Plusieurs applications découlent de ce modèle. Il est possible, premièrement, de réaliser une clef de transfert en silicone puis d'y injecter de la résine afin de reporter la conception en bouche. Cette technique a été écartée ici car nous avons déjà eu recours à celle-ci dans le cadre de la réalisation du mock-up au sein du protocole du DSD.

Une seconde possibilité est de réaliser une gouttière thermoformée sur le modèle. La gouttière doit être découpée de manière précise au niveau des collets. Elle permet ensuite de réaliser le mock-up en y injectant de la résine mais peut aussi servir de guide chirurgical pour l'élongation coronaire si le patient valide le projet esthétique.



Figure 144 : Gouttière thermoformée fabriquée sur le modèle imprimé en 3D.
(Source : document personnel)

Il suffit alors de placer la gouttière en bouche et de suivre les contours, au niveau du collet des dents concernées, avec une lame de bistouri ou un laser.



Figure 145 : La gouttière est essayée en bouche et on note une excellente rétention sur l'arcade de la patiente. (Source : document personnel)



Figure 146 : La gouttière peut servir de guide lors de la chirurgie gingivale. (Source : document personnel)

Enfin il est également possible de réaliser numériquement une gouttière adaptée à la conception du nouveau sourire grâce au logiciel InLab. Le fichier STL de la gouttière peut ensuite être exporté et imprimé en 3D. Elle permettra ainsi de réaliser le mock-up en résine correspondant à la conception. Nous avons pu réaliser le dessin numérique de cette gouttière néanmoins nous ne disposons pas des matériaux adaptés pour la fabriquer.

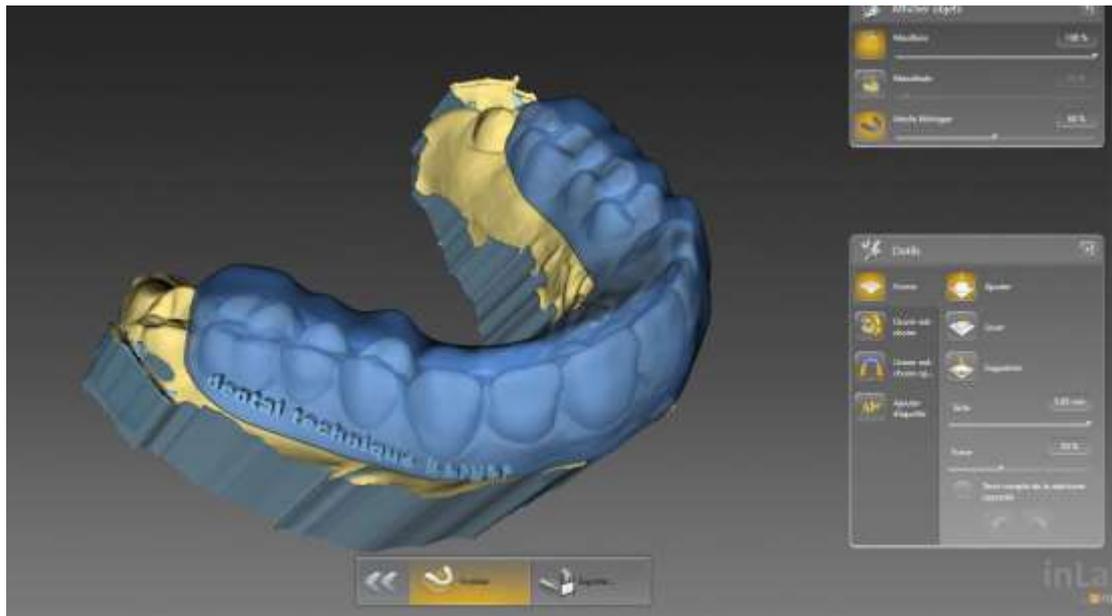


Figure 147 : Le logiciel InLab permet la conception numérique de la gouttière.
(Source : document personnel)

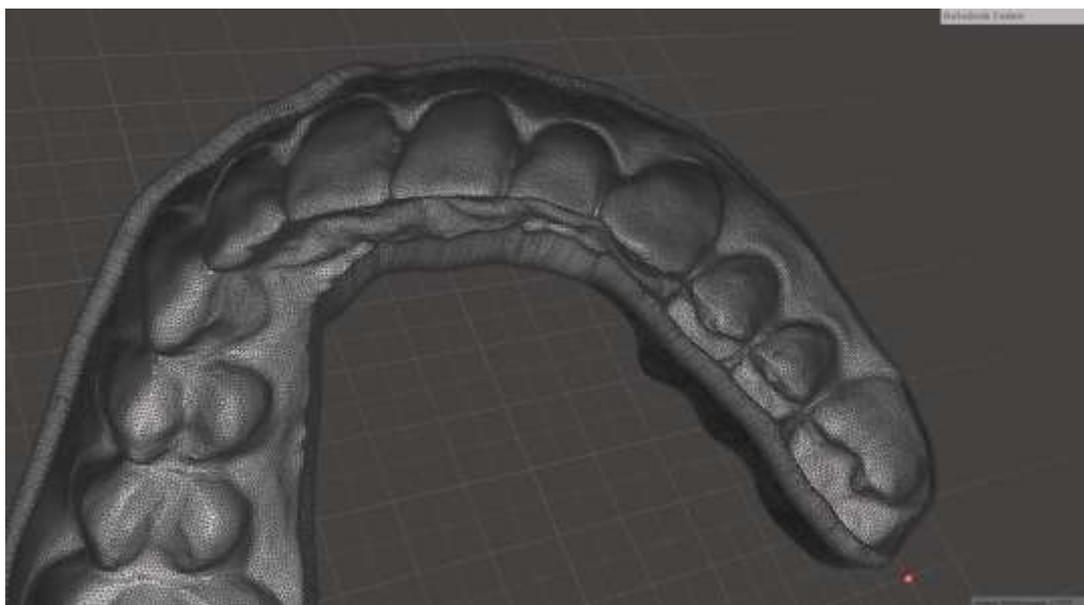


Figure 148 : Visualisation STL de la gouttière précédemment conçue. (Source : document personnel)

4.5.4. Conclusions et avis personnel

En conclusion, nous pouvons dire que, utilisés conjointement, ces deux logiciels sont très complémentaires. La conception en deux dimensions du Smile Designer Pro® permet d'apporter tous les outils de proportions et les différentes formes de dents possibles. Le logiciel InLab® permet lui une conception en trois dimensions du wax-up virtuel parfaitement reproductible cliniquement et visualisable dans l'avatar 3D grâce au module Cerec Smile Design®.

Les facettes usinées qui ont servi de mock-up étaient tout à fait adaptées et le rendu en bouche est quasi identique à celui visible sur l'avatar en trois dimensions.

L'impression 3D de la conception apporte une alternative supplémentaire pour réaliser le mock-up et valider esthétiquement la réhabilitation.

Cependant l'utilisation des deux logiciels rallonge le protocole et le temps de travail nécessaire à la simulation est assez conséquent. De plus, il faut préciser que le praticien devra s'équiper des deux logiciels ce qui représente un investissement financier important.

Points essentiels du protocole :

- Conception du sourire en 2 dimensions grâce au logiciel Smile Designer Pro®
- Conception en 3 dimensions (wax-up numérique) sur le logiciel InLab® guidée par le calque de la conception 2D grâce à l'outil 3D Connect et visualisable dans l'avatar du patient
- Usinage du mock-up ou impression 3D de la conception

Tableau 9 : Avantages et inconvénients de la méthode couplant les logiciels Smile Designer Pro® et Cerec Smile Design®. (Source : document personnel)

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Conception du sourire en 3 dimensions guidée par le calque de la conception en 2 dimensions • Nombreux outils disponibles lors de la conception en 2D • Visualisation possible dans l'avatar en 3D • Reproductibilité clinique du wax-up numérique grâce à l'usinage ou l'impression 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'utiliser deux logiciels ce qui rallonge le protocole • Le calque ne peut guider la conception 3D uniquement en vue de face

CONCLUSIONS

Les différents essais cliniques réalisés dans le cadre de cette thèse nous permettent de conclure que la conception numérique du sourire est un outil fiable. Elle ne remplace aucune étape du traitement esthétique conventionnel mais viens indéniablement combler des lacunes existantes en terme de communication au sein de la triade patient – chirurgien-dentiste – prothésiste. Cette technique permet une vraie implication du patient qui devient co-auteur du traitement. Par ailleurs, lors de traitements pluridisciplinaires, la conception numérique du sourire permet de donner un objectif unique à toute l'équipe soignante.

La prévisualisation en deux dimensions du résultat final du traitement rendue possible par certains logiciels ne doit pas être utilisée avant d'avoir analysé correctement la situation initiale et la possibilité de reproductibilité clinique. En effet, la plupart des logiciels permettent la réalisation de simulation d'un sourire parfait mais de nombreux facteurs doivent être pris en compte comme : la motivation du patient, ses possibilités financières et les compétences du praticien. Il est dangereux de promettre un résultat clinique similaire à l'image virtuelle dans les cas complexes dont l'issue est incertaine.

Actuellement, la plupart des logiciels permettent une conception en deux dimensions dont nous venons de décrire la principale limite. Les logiciels de conception du sourire en trois dimensions sont rares et les outils qu'ils proposent ne sont pas suffisamment complets. Nous avons montré une réponse à ces lacunes en combinant deux logiciels. Cependant, il apparaît qu'un logiciel en trois dimensions comportant des outils guidant la conception répondrait pleinement aux nouvelles attentes en terme d'esthétique et représenterait une réelle évolution. Cela comblerait indéniablement une carence présente sur le marché actuel. On imagine aisément que l'automatisation des protocoles se développera davantage dans les prochaines années, et que celle-ci pourrait aller jusqu'à la création d'un sourire parfait et adapté à chacun en quelques minutes seulement.

Les dernières avancées scientifiques montrent déjà des essais de scanner en « quatre dimensions » permettant d'enregistrer les mimiques du visage et de reproduire numériquement la dynamique du sourire. De même, on peut imaginer que la réalité augmentée, en plein essor actuellement, touchera le domaine de la dentisterie esthétique. Sera-t-il possible, à terme, de montrer au patient un mock-up virtuel directement sur un écran et sans passer par un masque esthétique en bouche grâce à cette technologie ? Tout laisse à penser que la dentisterie esthétique numérique n'en est qu'à ses débuts.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ackerman MB, Ackerman JL. Smile analysis and design in the digital era. *J Clin Orthod.* 2002; 36(4): 221-36.
2. Aimplee S, Arias SR, Torosian A, Blasi A, Jae SK, Chiche G. Pursuing Conservative Esthetics – An Interdisciplinary Treatment Approach for Minimally Prepared Porcelain Laminate Veneers. *J Cosmetic Dent.* 2015; 31(3): 52-62.
3. Bartlett D, Brunton PA. *Aesthetic Dentistry.* London: Quintessence; 2005. 100p.
4. Becker M, Crescenzo D, Crescenzo H. Photos cliniques et portraits. Partie 1 : améliorer ses prises de vue. *Clinic.* 2017; 38(360): 565-70.
5. Bellamy J. DSD et la gestion implantaire dans le secteur antérieur : point de vue du prothésiste. *Le fil dentaire.* 2016; (120): 24-8.
6. Bhuvaneshwaran M. Principles of smile design. *J Conserv Dent.* 2010; 13(4): 25-32.
7. Bini V. Aesthetic Digital Smile Design ADSD : dentisterie esthétique assistée par ordinateur – Partie I. *Dental Tribune.* 2014; (3): 12-20.
8. Bini V. Aesthetic Digital Smile Design ADSD : dentisterie esthétique assistée par ordinateur – Partie II. *Dental Tribune.* 2014; (4): 6-11.
9. Bini V. MICD & ADSD : 3D visual perception from smile design to veneers cementation. *MiCD Journal.* 2017; 1(1): 12-22.
10. Calamia JR, Levine JB, Lipp M, Cisneros G, Wolff MS. Smile design and treatment planning with the help of a comprehensive esthetic evaluation form. *Dent Clin North Am.* 2011; 55(2): 187-209.
11. 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; (1): 1-5.
12. Chiche G, Aoshima H, Liger F, Cooman J de. *Restaurer le sourire : la communication entre praticien, céramiste et patient.* Paris : Quintessence International ; 2005. 109p.
13. Chiche G, Pinault A, Liger F. *Esthétique et restauration des dents antérieure.* Paris : Éd. CdP ; 1994. 202p.
14. Clément M. Le projet prothétique en dentisterie adhésive. *Cah prothèse.* 2016 ; (173) : 31-45.
15. Clément M. Outil de communication pluridisciplinaire pour un traitement esthétique prédictible : le digital smile design. *Le fil dentaire.* 2016 ; (120) : 16-22.

16. Coachman C, Calamita MA, Coachman FG, Coachman RG, Sesma N. Facially generated and cephalometric guided 3D digital design for complete mouth implant rehabilitation: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2017; 117(5): 577-86.
17. Coachman C, Calamita MA, Sesma N. From 2D to 3D. Complete Digital Workflow in Interdisciplinary Dentistry. *J Cosmetic Dent.* 2016; 32(1): 62-74.
18. Coachman C, Calamita MA, Sesma N. Dynamic Documentation of the Smile and the 2D/3D Digital Smile Design Process. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017; 37(2): 183-93.
19. Coachman C, Calamita MA. Digital smile design: A tool for treatment planning and communication in esthetic dentistry. *Quintessence of Dental Technology.* 2012; 35 : 103-11.
20. Coachman C, Calamita MA. Virtual Esthetic Smile Design Driving the restorative plan. *J Cosmetic Dent.* 2014; 29(4): 102-16.
21. Coachman C, Paravina RD. Digitally Enhanced Esthetic Dentistry - From Treatment Planning to Quality Control. *J Esthet Restor Dent.* 2016; 28 (Suppl 1): S3-4.
22. Coachman C, Van Dooren E, Calamita MA. Smile Design and The Pink Hybrid Restoration The prosthetic solution for ridge deficiency. *Can J of Res Den Pro.* 2013; 6(3): 8-28.
23. Coachman C. Le wax-up digital guidé par le DSD et la céphalométrie. *Le fil dentaire.* 2016 ; (120) : 14-5.
24. Coachman C. Sorriso digital : controle de qualidade. *ProteseNews.* 2017; 4(2): 232-5.
25. Cofar F, Gaillard C, Popp I, Hue C. SKYN Concept: A Digital Work ow for Full-Mouth Rehabilitation. *Quintessence Dent Technol.* 2016; 39 : 1-10.
26. Cohen M. Interdisciplinary treatment planning. Vol. II, comprehensive case studies. Chicago: Quintessence Publishing; 2012. 511p.
27. Crescenzo D, Crescenzo H, Becker M. Photos cliniques et portraits. Partie 2 : améliorer le projet esthétique virtuel. *Clinic.* 2017; 38(360): 571-8.
28. Crescenzo H, Crescenzo D. Le projet esthétique virtuel Un nouvel outil pour les traitements esthétiques. *Stratégie prothétique.* 2015; 15(3): 143-52.
29. Culp L, McLaren EA, Swann LC. Smile Analysis: converting digital designs to the final smile : Part 2. *J Cosmetic Dent.* 2013; 29(2): 98-108.
30. Davis NC. Smile design. *Dent Clin North Am.* 2007; 51(2): 299-318.
31. Dawson PE. Functional Occlusion: From TMJ to Smile Design. Saint-Louis: Elsevier Health Sciences; 2006. 2405p.

32. Del Corso M, Methot A. Projecting a new smile from a facial photograph: a new way to plan multidisciplinary dental treatments. *CAD/CAM*. 2013; 4(4): 6-10.
33. Donitza A. Creating the perfect smile: prosthetic considerations and procedures for optimal dentofacial esthetics. *J Calif Dent Assoc*. 2008; 36(5): 335-40, 342.
34. Finelle G, Lehmann N, Coachman C. Technique de prévisualisation du sourire dans la réhabilitation implantaire du secteur antérieur. *Rev Odont Stomat*. 2015 ; 44(3) : 162-74.
35. Finelle G. Le Digital Smile Design dans la prise en charge pluridisciplinaire et orthodontique. *Rev Orthop Dento Faciale*. 2017 ; 51(2) : 241-55.
36. Fradeani M. Réhabilitation esthétique en prothèse fixée: une approche systématique du traitement prothétique. Paris : Quintessence International ; 2006. 352 p.
37. Gaillard C, Noharet R, Clément M. Réhabilitation globale : une triade Esthétique, Fonction et Biologie !. *L'Information Dentaire*. 2015 ; 35(14) : 2-7.
38. Gaillard C, Riera C. Le smile design : un outil pour la planification des traitements esthétiques et fonctionnels. *Le fil dentaire*. 2016; (120) : 40-3.
39. Hasanreisoglu U, Berksun S, Aras K, Arslan I. An analysis of maxillary anterior teeth: facial and dental proportions. *J Prosthet Dent*. 2005; 94(6): 530-8.
40. Hassan B, Gimenez Gonzalez B, Tahmaseb A, Greven M, Wismeijer D. A digital approach integrating facial scanning in a CAD-CAM workflow for complete-mouth implant-supported rehabilitation of patients with edentulism: a pilot clinical study. *J Prosthet Dent*. 2017; 117(4): 486-92.
41. Helfer M. Esthétique du sourire : six analyses esthétiques et traitements multidisciplinaires. Paris : Espace ID ; 2014. 72p.
42. Hue C. Interprétation du digital smile design au laboratoire. *Le fil dentaire*. 2016; (120) : 44-6.
43. Kokich VO, Kokich VG, Kiyak HA. Perceptions of dental professionals and laypersons to altered dental esthetics: asymmetric and symmetric situations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006; 130(2): 141-51.
44. Krause S. Daily work with Coachman's Digital Smile Design protocol. *Cosmetic Dent*. 2015; 9(2): 8-11.
45. Kurbad A, Kurbad S. Cerec Smile Design - a software tool for the enhancement of restorations in the esthetic zone. *Int J Comput Dent*. 2013; 16(3): 255-69.
46. Levin EI. Dental esthetics and the golden proportion. *J Prosthet Dent*. 1978; 40(3): 244-52.
47. Levine JB, Lévy G. Dentisterie esthétique : le sourire. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2017. 352p.

48. Levine JB. Smile design integrating esthetics and function. Edinburgh: Elsevier; 2016. 240.
49. Levrini L, Tieghi G, Bini V. Invisalign ClinCheck and the Aesthetic Digital Smile Design Protocol. *J Clin Orthod*. 2015; 49(8): 518-24.
50. Lin WS, Zandinejad A, Metz MJ, Harris BT, Morton D. Predictable Restorative Work Flow for Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacture-Fabricated Ceramic Veneers Utilizing a Virtual Smile Design Principle. *Oper Dent*. 2015; 40(4): 357-63.
51. Linden A. Utilising smile design software and CAD/CAM for creating a mock-up and final restorations. *Int Dentistry African Edition*. 2016; 6(4): 16-22.
52. Lombardi RE. The principles of visual perception and their clinical application to denture esthetics. *J Prosthet Dent*. 1973; 29(4): 358-82.
53. Machado AW. 10 commandments of smile esthetics. *Dental Press J Orthod*. 2014; 19(4): 136-57.
54. Mack MR. Perspective of facial esthetics in dental treatment planning. *J Prosthet Dent*. 1996; 75(2): 169-76.
55. Magne P, Belser U. Restaurations adhésives en céramique sur dents antérieures : approche biomimétique. Paris : Quintessence international ; 2003. 414p.
56. Mahn E, Coachman C. Smile design with composites: A case study. *Int Dentistry African Edition*. 2013; 3(6).
57. Mahn E, Mahn G, Caceres C, Bustos L, Coachman C. Concevoir de vrais sourires avec des outils numériques. *Esthétique Tribune*. 2017; 9(3): 34-6.
58. McKeown HF, Murray AM, Sandler PJ. How to avoid common errors in clinical photography. *J Orthod*. 2005; 32(1): 43-54.
59. McLaren EA, Garber DA, Figueira J. The Photoshop Smile Design technique (part 1): digital dental photography. *Compend Contin Educ Dent*. 2013; 34(10): 772, 774, 776 passim.
60. McLaren EA, Schoenbaum T. Digital photography enhances diagnostics, communication, and documentation. *Compend Contin Educ Dent*. 2011; 32 Spec No 4: 36-8.
61. Meereis C, de Souza G, Albino L, Ogliari FA, Piva E, Lima GS. Digital Smile Design for Computer-assisted Esthetic Rehabilitation: Two-year Follow-up. *Oper Dent*. 2016; 41(1): E13-22.
62. Methot A. M Proportion: The new Golden Rules in dentistry. *Can J Cosmetic Dent*. 2006; 1: 34-40.

63. Methot A. Esthetic Dentistry : Photographic diagnosis and treatment planning. *J Cosmetic Dent.* 2012; 28(1): 104-12.
64. Mosconi S, Clément M, Gaillard C, Noharet R. Detailed, illustrated review of the live patient course. *Labline.* 2016; 6(3): 69-86.
65. Neto AA, de Castellucci Barbosa L, Barreto MA, Moreira AA. *Estética Do Sorriso Em Reabilitação Protética.* Sao Paulo : Editora Napoleão ; 2014. 332p.
66. Noharet R, Clément M, Gaillard C, Coachman C. Analyse diagnostique d'un traitement esthétique : Digital Smile Design®. *L'Information Dentaire.* 2015 ; 22(3) : 2-5.
67. Noharet R, Clément M. Communication digitale en odontologie : rigoureusement indispensable ! *Cah prothèse.* 2016 ; (173) : 7-20.
68. Noharet R, Viennot S. Le projet prothétique en implantologie orale. *Cah prothèse.* 2017 ; (173) : 47-57.
69. Noharet R. Prédicibilité biologique et esthétique d'une réhabilitation implantaire globale : apport du smile design et de la chirurgie guidée. *Le fil dentaire.* 2016 ; (120) : 32-8.
70. Omar D, Duarte C. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. *The Saudi Dental Journal.* 2018; 30(1): 7-12.
71. Paris JC, Faucher AJ. *Le guide esthétique : comment réussir le sourire de vos patients.* Paris, France : Quintessence International ; 2003. 309p.
72. Passos L, Soares FP, Gallo M. Esthetic Rehabilitation through Crown Lengthening Surgery and Conservative CAD/CAM Veneers: A Multidisciplinary Case Report. *Case Rep Dent.* 2016; 2016: 5720851.
73. Romano R, Bichacho N, Touati B. *The Art Of The Smile: Integrating Prosthodontics, Orthodontics, Periodontics, Dental Technology, And Plastic Surgery In Esthetic Dental Treatment.* London: Quintessence; 2005. 420p.
74. Rufenacht CR. *Principles of Esthetic Integration.* Chicago : Quintessence Publishing Company; 2000. 248p.
75. Sancho-Puchades M, Fehmer V, Sailer I. Advanced smile diagnostics using CAD/CAM mock-ups. *Int J Esthet Dent.* 2015; 10(3): 2-19.
76. Sandler J, Murray A. Clinical photographs-the gold standard. *J Orthod.* 2002; 29(2): 158-61.
77. Sannino G, Germano F, Arcuri L, Bigelli E, Arcuri C, Barlattani A. CEREC CAD/CAM Chairside System. *Oral Implantol.* 2015; 7(3): 57-70.
78. Schmidseider J, Allen EP, Anusavice KJ, Belser U, Radiguet JR. *Dentisterie esthétique.* Paris, France : Masson ; 2000. 298 p.

79. Silva NR, Kano P, Van Dooren E, Xavier C, Ferencz J, Lacerda E. Improving aesthetics in CAD/CAM dentistry - anatomic shell technique. *CAD/CAM*. 2013; 4(2) : 30-33.
80. Sousa Dias N, Tsingene F. SAEF - Smile's Aesthetic Evaluation form: a useful tool to improve communications between clinicians and patients during multidisciplinary treatment. *Eur J Esthet Dent*. 2011; 6(2): 160-76.
81. Spear FM, Kokich VG, Mathews DP. Interdisciplinary management of anterior dental esthetics. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137(2): 160-9.
82. Spear FM, Kokich VG. A multidisciplinary approach to esthetic dentistry. *Dent Clin North Am*. 2007; 51(2): 487-505.
83. Sudhakar N, Vishwanath A. Smile Esthetics – A Literature Review. *IOSR-JDMS*. 2014; 13(1): 32-6.
84. Tak On T, Kois JC. Digital Smile Design Meets the Dento-Facial Analyzer: Optimizing Esthetics While Preserving Tooth Structure. *Compend Contin Educ Dent*. 2016; 37(1): 46-50.
85. Terry DA, Snow SR, McLaren EA. Contemporary dental photography: selection and application. *Compend Contin Educ Dent*. 2008; 29(8): 432-6, 438, 440-2 passim; quiz 450, 462.
86. Tervil B. La photographie numérique en odontologie : relation praticien, patient et laboratoire. Reuil-Malmaison : Ed. CdP ; 2006. 124p.
87. Touati B, Miara P, Nathanson D, Giordano R, Liger F. Dentisterie esthétique et restaurations en céramique. Reuil-Malmaison : Éd. CdP; 1999. 330p.
88. Trushkowsky R, Arias DM, David S. Digital Smile Design concept delineates the final potential result of crown lengthening and porcelain veneers to correct a gummy smile. *Int J Esthet Dent*. 2016; 11(3): 338-54.
89. Ward DH. Proportional smile design using the recurring esthetic dental (red) proportion. *Dent Clin North Am*. 2001; 45(1): 143-54.
90. Yassmin F. Case report: Full mouth maxillary and mandibular implant rehabilitation utilising Digital Smile Design (DSD). *Australasian Dental Practice*. 2016; 27(3): 146-50.
91. Yassmin F. « Natural Veneers » using CAD milled monolithic ceramics and the DSD (digital smile design) digital work ow incorporating natural tooth libraries. *Australasian Dental Practice*. 2017; 28(4): 136-42.
92. Zanardi PR, Laia Rocha Zanardi R, Chaib Stegun R, Sesma N, Costa B-N, Cruz Laganá D. The Use of the Digital Smile Design Concept as an Auxiliary Tool in Aesthetic Rehabilitation: A Case Report. *Open Dent J*. 2016; 10: 28-34.
93. Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent*. 2015; 18(4): 303-17.

RÉFÉRENCES ÉLECTRONIQUES

94. 3Shape A/S. Choose your specialty. 3Shape solutions in action [Internet]. [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.3shape.com:443/en>
95. ADSD. Aesthetic Digital Smile Design [Internet]. 2014 [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.aestheticdigitalsmiledesign-adsd.com/about-adsd>
96. CEREC Online. CEREC SW 4.2 Smile Design [Internet]. [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.cereconline.com/cerec-sw-42-smile-design>
97. DSD (Digital Smile Design). Holistic, Digital & Emotional Dentistry Solutions for Modern Clinics. Is your business future-ready? Is your practice DSD ready? The future starts now [Internet]. 2018 [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <http://www.digitalsmiledesign.com>
98. DSDApp by Coachman. Successfully Increase Your Case Acceptance [Internet]. 2017 [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.digitalsmiledesignapp.com>
99. DSS Srl (Digital Smile System). Design the perfect smile [Internet]. [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <http://www.digitalsmilesystem.com/en/>
100. Elite Smile Academy. Présentation du logiciel Dental GPS [Internet]. 2017 [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.elitesmileacademy.com/le-logiciel-dental-gps/presentation>
101. Hack Dental Software. 2 Dental softwares available for download now for free [Internet]. [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <http://hackdental.software/>
102. Nemotec. Dental and dentist software for dental clinic [Internet]. [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.nemotec.com/en>
103. Ostler L. The 21 Principles of Smile Design [Internet]. [cité le 29 janvier 2018]. Disponible sur : <http://www.blurb.co.uk/b/543710-the-21-principles-of-smile-design>
104. Planmeca OY. Conception de sourire numérique [Internet]. [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.planmeca.com/fr/smiledesign/Conception-de-sourire-numerique/>
105. Smiletron. Virtual aesthetic dentistry [Internet]. 2014 [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <http://www.smiletron.com/fr/>
106. Tasty Tech. Smile Designer Pro : Plan the smile your patient deserves. [Internet]. 2017 [cité le 15 février 2018]. Disponible sur : <https://www.smiledesignerpro.com/>

DOCUMENT ANNEXE 1 :

Fiche analytique du sourire appelée la « carte d'identité du sourire »

« Carte d'identité du sourire »		<u>Patient</u>	
		Nom : Prénom : Date de naissance :	
<u>1) Visage de face</u>	<u>2) Visage de profil</u>		
<u>3) Sourire de face</u>			
<u>4) Sourire avec écarteurs photos</u>			

I – Analyse macro-esthétique

→ Sur la première photographie :

1 – Tracer la ligne bipupillaire (relie les deux pupilles)

2 – Tracer la ligne bicommissurale (relie les commissures des lèvres)

Ces deux lignes horizontales sont-elles parallèles ? Oui Non

Si non, il faudra choisir la *ligne la plus horizontale* pour la conception du futur sourire.

3 – Tracer la ligne médiane reliant la glabelle, le bout du nez, le philtrum et la pointe du menton. Si le nez est tordu, se référer au *philtrum*.

Est-elle perpendiculaire aux deux lignes horizontales ? Oui Non

Si non, il faudra choisir les deux lignes dont l'intersection forme l'angle *le plus proche de 90°* pour la conception du futur sourire.

4 – Sur le patient, mesurer les étages faciaux :

- Supérieur (entre les sourcils et l'implantation des cheveux) : mm
- Moyen (entre les sourcils et les ailes du nez) : mm
- Inférieur (entre les ailes du nez et le menton) : mm

Une **augmentation de la DVO** est-elle nécessaire pour compenser une perte de hauteur de l'étage inférieur ? Oui Non

II- Analyse mini-esthétique

→ Sur la deuxième photographie :

1 – Mesurer l'angle naso-labial :°

(Valeur normale : 90 à 100° chez un homme, 100 à 120° chez une femme)

2 – Tracer le plan esthétique de Ricketts qui relie la pointe du nez et le pogonion et préfigurer le cliniquement à l'aide d'une réglette.

La lèvre supérieure est en retrait de mm (Valeur idéale 4mm)

La lèvre inférieure est en retrait de mm (Valeur idéale 2mm)

Faut-il avancer ou reculer les lèvres en déplaçant ou en faisant varier le volume des dents antérieures ? Oui Non

→ Sur la troisième photographie :

3 – Les lèvres sont : fines moyennes épaisses

4 – Tracer la ligne du sourire.

Sa position est : basse moyenne haute (sourire gingival)

5 - Les corridors labiaux sont : normaux larges absents

6 - Combien de dents sont visibles lors du sourire ? (Détermination de la largeur du sourire)

6 à 8

8 à 10

10 à 12

Sourire étroit

Sourire intermédiaire

Sourire large

7 – Mesurer, au repos, la hauteur visible des incisives centrales :mm
(Valeur normale : 2 à 4mm)

III - Analyse de la micro-esthétique

→ Sur la quatrième photographie :

1 – Tracer le grand axe des dents maxillaires.

Y a-t-il une augmentation progressive de l'inclinaison mésiale, de l'incisive vers la canine ? Oui Non

Un **traitement orthodontique** est-il nécessaire ? Oui Non

2 – Les dents du patient présentent une forme :

ovalaire

triangulaire

rectangulaire

carré



3 – La couleur des dents du patient est sur le nuancier

Un **éclaircissement externe** est-il nécessaire ? Oui Non

Un **éclaircissement interne** est-il nécessaire ? Oui Sur les dents..... Non

4 – En bouche, mesurer :

La longueur d'une incisive centrale mm

Sa largeur mm

Calculer le ratio largeur/longueur :% (*Doit-être compris entre 75 et 85%*).

Est-il nécessaire d'augmenter la longueur des incisives centrales ? Oui Non

Est-il possible d'augmenter leur largeur (*présence de diastèmes*) ? Oui

Non

5 – Tracer la ligne interincisive.

Coïncide-t-elle avec la ligne médiane ? Oui Non

Si ce n'est pas le cas, la divergence médiane est de mm

(*Acceptable jusqu'à 4mm*).

6 – Tracer les embrasures incisives.

Leur taille augmente-t-elle de façon symétrique en s'éloignant de la ligne médiane ?

Oui Non

7 – La santé parodontale est-elle satisfaisante? Oui Non

Si la réponse est non, le patient souffre d'une : gingivite parodontite

Un **traitement parodontal** est-il nécessaire avant tout autre traitement ? Oui Non

8 – Les papilles interdentaires sont-elles toutes présentes : Oui

Non

absente

entre.....

9 – Tracer les zéniths gingivaux.

Les zéniths de 11 et 21 sont-ils à la même hauteur ? Oui Non

Les zéniths de 12 et 22 sont-ils à la même hauteur ? Oui Non

Les zéniths de 13 et 23 sont-ils à la même hauteur ? Oui Non

10 - Relier les afin d'obtenir la ligne des collets.

Cette ligne présente-elle une allure globale en forme de W ? Oui Non

(*Zéniths de 12 et 22 en dessous de ceux de 11-21-13-23*)

Une **gingivoplastie** est-elle nécessaire ? Oui au niveau des dents..... Non

TABLE DES MATIÈRES

<u>SOMMAIRE</u>	10
<u>TABLE DES FIGURES</u>	12
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	19
<u>INTRODUCTION</u>	20
<u>1. Critères fondamentaux d'analyse esthétique du sourire</u>	22
1.1. Macro esthétique : analyse extra-buccale du visage	23
1.2. Mini esthétique : analyse extra-buccale de la bouche	26
1.3. Micro esthétique : analyse intra-buccale des dents et des gencives	30
1.4. Première consultation en dentisterie esthétique	33
1.4.1. <u>Anamnèse esthétique</u>	33
1.4.2. <u>Demande esthétique du patient</u>	34
1.4.3. <u>Plan de traitement</u>	35
<u>2. Analyse et conception numérique du sourire</u>	36
2.1. Principe et historique	37
2.2. Méthode et protocole d'utilisation	38
2.2.1. <u>Photographies numériques et prise de clichés</u>	39
2.2.2. <u>Traitement des images et mise en place des lignes</u> <u>de références</u>	40
2.2.3. <u>Calibration des photographies</u>	41
2.2.4. <u>Conception du sourire numérique en deux dimensions</u>	42
• La ligne des lèvres.....	42
• Le contour des dents composant le sourire.....	42
• Caractéristiques optiques (Etat de surface, caractéristiques, couleur)	44
2.2.5. <u>Passage du numérique à une maquette en trois dimensions</u>	45
• La méthode conventionnelle : le wax-up en cire.....	45

• La méthode numérique par CFAO : l'impression 3D ou l'usinage.....	46
2.2.6. <u>Application clinique : le mock-up</u>	46
2.3. Domaines d'application	49
2.3.1. <u>Prothèse fixée</u>	49
2.3.2. <u>Implantologie</u>	51
2.3.3. <u>Odontologie conservatrice : collage de résine composite</u>	53
2.3.4. <u>Chirurgie gingivale</u>	55
2.3.5. <u>Orthodontie</u>	58
2.4. Intérêts et avantages	61
2.4.1. <u>Communication avec le patient et le prothésiste</u>	61
2.4.2. <u>Implication et participation du patient</u>	62
2.4.3. <u>Prédictibilité et acceptation du plan de traitement</u>	63
2.4.4. <u>Traitement conservateur</u>	63
2.4.5. <u>Interdisciplinarité</u>	64
2.4.6. <u>Contrôle et retour d'informations pendant le traitement</u>	65
2.4.7. <u>Compatibilité avec la CAO/CFAO et d'autres logiciels</u>	65
2.5. Limites de la conception numérique du sourire	66
2.5.1. <u>Coût</u>	66
2.5.2. <u>Temps d'apprentissage</u>	66
2.5.3. <u>Standardisation du sourire</u>	67
2.5.4. <u>Réalisation de simulation difficile à reproduire</u> <u>cliniquement</u>	67
<u>3. Offre logiciel</u>	68
3.1. Méthode de conception du sourire utilisant des logiciels non spécialisés	69
3.1.1. <u>Digital Smile Design® (DSD)</u>	69
3.1.2. <u>Aesthetic Digital Smile Design® (ADSD)</u>	71

3.1.3. <u>Photoshop® Smile Design Technique</u>	74
3.1.4. <u>Virtual Esthetic Project (VEP)</u>	77
3.2. Logiciels dédiés à la conception numérique du sourire	82
3.2.1. <u>NemoSmile design® (2D) et NemoDSD® (3D)</u>	82
3.2.2. <u>CEREC Smile Design®</u>	83
3.2.3. <u>3Shape Smile Design®</u>	86
3.2.4. <u>Digital Smile System®</u>	86
3.2.5. <u>GPS 3D Smile Design®</u>	88
3.2.6. <u>Smile Designer Pro®</u>	90
3.2.7. <u>Smiletron®</u>	91
3.2.8. <u>Romexis Smile Design®</u>	93
3.2.9. <u>G Design® et DSD Connect®</u>	94
3.2.10. <u>DSDApp®</u>	96
<u>4. Essais de différents logiciels de conception du sourire à travers un cas clinique</u>	99
4.1. Présentation du cas clinique	100
4.1.1. <u>Présentation de la patiente</u>	100
4.1.2. <u>Analyse clinique et esthétique</u>	100
• Examen général.....	100
• Examen clinique dentaire et parodontal.....	101
• Analyse esthétique.....	101
• Conclusion au vue des examens et de l'analyse esthétique.....	106
• Proposition et moyens thérapeutiques.....	106
4.1.3. <u>Présentation des différents protocoles mis en œuvre</u>	107
4.2. Essai de la méthode du Digital Smile Design® avec le logiciel Keynote®	108

4.2.1. <u>Documentation iconographique du Digital Smile Design®</u>	108
• Appareil photo numérique réflexe ou Smartphone ?	108
• Acquisition des photographies.....	111
• Acquisition des vidéos.....	114
• Conclusion sur le protocole iconographique	116
4.2.2. <u>Création du sourire numérique avec le Digital Smile Design®</u>	117
• Description du modèle guidant la réalisation du Digital Smile Design®.....	117
• Conception numérique du sourire avec le protocole du Digital Smile Design®.....	119
• Comparaison des différentes simulations réalisées.....	129
4.2.3. <u>Réalisation des wax-up</u>	132
4.2.4. <u>Réalisation du mock-up avec une clef de transfert en silicone</u>	134
4.2.5. <u>Conclusions et avis personnel</u>	137
4.3. Essai du logiciel Smile Designer Pro®	139
4.3.1. <u>Différentes étapes du protocole de conception numérique du sourire avec le Smile Designer Pro®</u>	139
4.3.2. <u>Conclusions et avis personnel</u>	150
4.4. Essai du module CEREC Smile Design®	152
4.4.1. <u>Différentes étapes du protocole du CEREC Smile Design®</u>	152
4.4.2. <u>Conclusions et avis personnel</u>	161
4.5. Essai de la combinaison de deux logiciels : Smile Designer Pro® et Cerec Smile Design®	163
4.5.1. <u>Différentes étapes du protocole combinant le Smile Designer Pro® et le Cerec Smile Design®</u>	163
4.5.2. <u>Usinage et essayage des facettes en résine servant de mock-up</u>	169

4.5.3. <u>Impression 3D de la conception numérique et fabrication d'une gouttière thermoformée</u>	172
4.5.4. <u>Conclusions et avis personnel</u>	177
<u>CONCLUSIONS</u>	179
<u>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	181
<u>RÉFÉRENCES ÉLECTRONIQUES</u>	187
<u>DOCUMENT ANNEXE</u>	188

Jury : Président : J.M. MARTRETTE – Professeur des Universités
Juges : A.S. VAILLANT – Maître de Conférences des Universités
P. HIRTZ – Assistant Hospitalier Universitaire
E. BERGER – Prothésiste dentaire

Thèse pour obtenir le diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par : **Monsieur SYDA Paul-Marie, Nicolas**

né(e) à : NANCY (Meurthe et Moselle)

le 15 mars 1992

et ayant pour titre : « **Apport des outils numériques à l'analyse esthétique et à la réhabilitation du sourire** ».

Le Président du jury



J.M. MARTRETTE

Le Doyen
de la Faculté d'Odontologie



J.M. MARTRETTE

Autorise à soutenir et imprimer la thèse 10233

NANCY, le 24 AVR. 2010

Le Président de l'Université de Lorraine



P. MUTZENHARDT

SYDA Paul-Marie: APPORTS DES OUTILS NUMÉRIQUES À L'ANALYSE ESTHÉTIQUE ET À LA RÉHABILITATION DU SOURIRE.

Nancy 2018 : 196 pages. 148 figures ; 9 tableaux.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2018

Mots-clefs :

- **Esthétique**
- **Sourire**
- **Prothèse**
- **Numérique**
- **Logiciel**

Résumé :

Depuis quelques années, la révolution numérique s'est propagée à notre exercice professionnel quotidien, à tel point qu'il est nous est aujourd'hui très difficile de nous en passer. Dernièrement, l'avènement de nombreux protocoles et logiciels de conception du sourire nous permettrait de mieux répondre à la demande grandissante de réhabilitations esthétiques chez nos patients. A partir de quelques photographies numériques, il serait désormais possible de concevoir un nouveau sourire digital grâce à une analyse numérique fondée sur les critères fondamentaux de l'esthétique.

L'objectif de notre travail est de dégager les avantages, et d'évaluer l'intérêt clinique que ces outils numériques peuvent apporter dans le cadre d'une réhabilitation esthétique du sourire.

Membres du jury :

Pr. J-M. MARTRETTE	Professeur des Universités	Président
<u>Dr. A-S. VAILLANT</u>	<u>Maître de Conférences des Universités</u>	<u>Co-directeur</u>
<u>Dr. P. HIRTZ</u>	<u>Assistante Hospitalier Universitaire</u>	<u>Directeur</u>
M. E. BERGER	Maître artisan prothésiste dentaire	Juge

Adresse de l'auteur :

SYDA Paul-Marie
1 rue Anne Fériet
54000 Nancy