



Les outils d'aide à la modélisation du sourire en CFAO dentaire : avantages et inconvénients : revue systématique de la littérature

Eugénie Manhes

► To cite this version:

Eugénie Manhes. Les outils d'aide à la modélisation du sourire en CFAO dentaire : avantages et inconvénients : revue systématique de la littérature. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-04473667

HAL Id: dumas-04473667

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04473667>

Submitted on 22 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2022

Thèse n°

T H E S E

Pour le DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE-DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 15 Novembre 2022

par

MANHES Eugénie

LES OUTILS D'AIDE À LA MODÉLISATION DU SOURIRE EN CFAO
DENTAIRE
AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS
UNE REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

Directrice de la thèse : Mme Jean BONNET, Maître de Conférences des Universités,
UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand

Président : M. Emmanuel NICOLAS, Professeur des Universités,
UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand

Membres du jury : Mme Marie-Laure MUNOZ-SANCHEZ, Maître de Conférences des
Universités, UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand
Mme Delphine SOULIER-PEIGUE, Praticien Hospitalier, Chargée
d'Enseignement, UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand

UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2022

Thèse n°

T H E S E

Pour le DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE-DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 15 Novembre 2022

par

MANHES Eugénie

LES OUTILS D'AIDE À LA MODÉLISATION DU SOURIRE EN CFAO
DENTAIRE
AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS
UNE REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

Directrice de la thèse : Mme Jean BONNET, Maître de Conférences des Universités,
UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand

Président : M. Emmanuel NICOLAS, Professeur des Universités,
UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand

Membres du jury : Mme Marie-Laure MUNOZ-SANCHEZ, Maître de Conférences des
Universités, UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand
Mme Delphine SOULIER-PEIGUE, Praticien Hospitalier, Chargée
d'Enseignement, UFR d'Odontologie de Clermont-Ferrand

**UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE
UFR ODONTOLOGIE
63000 CLERMONT-FERRAND**

<i>Président de l'Université</i>	:	Monsieur le Professeur Mathias BERNARD
<i>Directeur Général des Services</i>	:	Monsieur François PAQUIS
DOYEN DE L'UFR D'ODONTOLOGIE	:	Monsieur Emmanuel NICOLAS Professeur des Universités
VICE-DOYEN, Directrice des Etudes	:	Madame Marion BESSADET Maître de Conférences des Universités

LISTE DES PROFESSEURS

Professeurs des Universités Emérites :

Monsieur Alain ARTOLA	- Neurosciences
Monsieur Jean-Luc VEYRUNE	- Prothèses

Professeurs des Universités – Praticiens hospitaliers :

Monsieur Pascal AUROY	- Prothèses
Monsieur Pierre-Yves COUSSON	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Radhouane DALLEL	- Sciences Anatomiques
Monsieur Laurent DEVOIZE	- Pathologie et Thérapeutique Dentaires
Madame Sophie DOMEJEAN	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Madame Martine HENNEQUIN	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Emmanuel NICOLAS	- Prothèses
Monsieur Thierry ORLIAGUET	- Sciences Biologiques
Madame Valérie ROGER-LEROI	- Sciences Biologiques
Madame Stéphanie TUBERT-JEANNIN	- Prévention, Epidémiologie

Maîtres de Conférences des Universités – Praticiens hospitaliers :

Madame Marion BESSADET	- Prothèses
Monsieur Hervé BESSE	- Pédodontie
Madame Jean BONNET	- Prothèses
Monsieur Nicolas DECERLE	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Christophe DESCHAUMES	- Pathologie et Thérapeutique Dentaires
Madame Cindy LANCE	- Prothèses
Madame Natacha LINAS	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Madame Estelle MACHAT	- Prévention, Epidémiologie
Madame Céline MELIN	- Sciences Anatomiques
Madame Marie-Laure MUNOZ-SANCHEZ	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Madame Christelle RICHARD	- Pédodontie

Maître de Conférences des Universités :

Madame Lénaïc MONCONDUIT	- Neurosciences
Monsieur Mickael ZBILI	- Neurosciences

Professeur de Lycée Professionnel

Monsieur Jean-Daniel ABSHILAVA	- Anglais
--------------------------------	-----------

Professeur des Universités Associé :

Madame Nada EL OSTA	- Prothèses
---------------------	-------------

Maîtres de Conférences des Universités Associés :

Monsieur Thomas DOUILLARD	- Parodontologie
Monsieur Marwan EL HELOU	- Orthopédie Dento-Faciale
Madame Nelly GARNIER	- Informatique et Pédagogie
Madame Merian NASSRA	- Sciences Biologiques
Monsieur Vincent SALIBA	- Prothèses

Remerciements

Monsieur Emmanuel NICOLAS

*Professeur des Universités – Praticien hospitalier
Département de Prothèse*

Parce que vous me faites l'immense honneur de présider ce jury de thèse. Merci pour la qualité de vos enseignements tout au long de notre cursus et pour votre encadrement bienveillant au centre de soins. J'ai adoré travailler avec vous au cours de ma sixième année, merci pour tous vos précieux conseils et votre sincère gentillesse.

Madame Jean BONNET

*Maître de Conférences des Universités – Praticien hospitalier
Département de Prothèse*

Parce que vous me faites l'honneur de diriger cette thèse, j'ai connu une immense joie à travailler avec vous. Merci d'avoir été une directrice aussi disponible, fiable, consciencieuse et bienveillante. Vous avez su faire ressortir le meilleur de moi-même, en me proposant ce sujet particulièrement adapté à mes objectifs. Ce fut un honneur de travailler à vos côtés et j'espère que nos chemins seront de nouveau amenés à se rencontrer.

Madame Marie-Laure MUNOZ-SANCHEZ

*Maître de Conférences des Universités – Praticien hospitalier
Département d'Odontologie Conservatrice, Endodontie*

Parce que vous me faites l'honneur de participer à ce jury de thèse. J'ai particulièrement apprécié de travailler avec vous au centre de soins durant tous ces semestres. Merci pour vos précieux conseils, votre rigueur et votre gentillesse, qui m'ont permis de prendre confiance en moi et de m'améliorer un peu plus chaque semaine.

Madame Delphine SOULIER-PEIGUE

*Praticien Hospitalier, Chargée d'Enseignement,
Département d'Orthopédie Dento-Faciale*

Parce que vous me faites l'honneur de participer à ce jury de thèse. Merci pour la qualité de vos cours et de vos enseignements, soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

Remerciements

À ma famille :

À ma mère, pilier de ma vie, à qui j'ai la chance de tant ressembler. Si j'en suis là aujourd'hui, c'est grâce à toi, à toute l'énergie que tu as dépensée chaque jour pour que nous puissions vivre nos passions, accomplir nos objectifs et nos rêves. C'est parce que la vie t'a parfois mise à l'épreuve, que nous nous sommes encore plus rapprochés. J'ai réalisé à quel point j'étais chanceuse d'avoir une maman aussi extraordinaire. Merci d'avoir voué ta vie à rendre la nôtre encore meilleure.

À mon père, qui dit que le stress c'est dans la tête, qui est toujours là dans les moments importants et qui m'a toujours donné les moyens de réaliser tous mes projets. Merci de m'avoir transmis le « gène Manhes » qui me donne chaque jour l'énergie et la folie de faire tout ce dont j'ai envie.

À mes frères, qui s'entêtent à vouloir suivre le même chemin que leur sœur chérie. Je suis fière d'être votre modèle absolu ! Cette voie que j'ai choisie m'a rendu incroyablement heureuse et j'espère qu'il en sera de même pour vous. Je vous attends pour ouvrir notre cabinet « MANHES&MANHES&MANHES » !

À Raymond, le théoricien, le coach, le chef des pâtes à la carbonara. Merci de m'avoir hébergé et choyé pendant 3 longues années. Notre colocation aura été marquée par les séries Netflix que nous regardions le soir, notre chat satanique José et surtout, par les factures d'eau chaque mois un peu plus salées... Un grand merci d'avoir été mon mentor pendant l'année la plus difficile de ma vie, jusqu'à la rédaction de cette thèse et bien au-delà ; on peut dire : mission accomplie.

À Pierre, merci de m'aimer si fort. Je suis tellement chanceuse de pouvoir partager mes journées avec quelqu'un d'aussi incroyable. Le destin t'a mis à l'épreuve en me plaçant sur ta route, et tu as décidé de relever le défi. Parfois, je me demande à quoi aurait ressemblé ma vie sans toi ; une chose est sûre, jamais je n'aurais pu être aussi heureuse, puisque tu es la plus belle chose qui me soit arrivée. Avec notre appartement, c'est une nouvelle vie à deux qui commence, le début d'une aventure dans laquelle toi et moi nous écrivons notre propre histoire. Je t'aime !

À Juliette, mon exceptionnelle amie depuis toujours. Déjà petite, tu disais que j'étais infernale, je me demande comment tu as fait pour te retrouver 20 ans plus tard à devoir encore me supporter. Un immense merci pour toutes ces vacances extraordinaires et ces soirées grandioses, pour tous les moments que nous avons partagés et ceux que nous partagerons encore.

Remerciements

À mes amis :

À Louise, ma partner in crime, toujours motivée, surtout quand il s'agit de faire les boutiques ou de m'accompagner pour goûter ; nos points communs nous ont finalement réunis pour le meilleur et jamais pour le pire ! Petite mention spéciale à notre séjour à Gujan, où nous avons vécu notre best life pendant deux mois. Je me souviendrai du va-et-vient incessant des ouvriers, de nos sessions bronzette, de nos soirées télés, des séances de sport intensives (surtout pour moi) et finalement du frigo rempli d'endives.

À Clémence, je suis fière de te compter parmi mes meilleures amies. Chaque soir, j'attends secrètement tes fameuses déclarations ; merci d'avoir été ma confidente pendant toutes ces années et d'avoir toujours eu de bons conseils. Je suis impatiente de bientôt pouvoir ouvrir notre cabinet aux couleurs de l'arc-en-ciel.

À Héma, merci d'avoir toujours été la voix de la raison dans notre petit quatuor, pour nous remettre dans le droit chemin quand nous partions dans nos délires. Je suis triste que tu quittes notre belle région et j'espère que tu nous reviendras vite.

À Pilou, merci d'être aussi l'une de mes meilleures copines, un ami attentif qui trouve toujours les mots justes et dont la simple présence est réconfortante. Mais si je compte toutes les minutes que j'ai passées à t'attendre pendant ces six dernières années, tu me dois au moins une semaine de vacances bien méritées !

À Victor, l'unique, le plus beau ... Il n'a qu'un seul défaut : nous avoir abandonné pour partir travailler à Bordeaux... Mais, comme le bon vin, tu fais partis de ceux qui se sont bonifiés avec le temps, alors tout est excusé. N'oublie pas de revenir voir souvent les copains, tu nous manques déjà.

À Victoire, merci pour tous les instants que nous avons partagés.

À Laura, Léa, Baudat, Guigui et Axel, merci d'avoir participé à rendre mes années étudiantes aussi exceptionnelles.

1. Introduction	1
2. Généralités.....	2
2.1. Critères Fondamentaux d'analyse esthétique du sourire	2
2.1.1. Analyse extra-buccale du visage.....	2
2.1.2. Analyse intra-buccale du sourire	5
2.2. Les logiciels de modélisation du sourire	6
2.2.1. Généralités	6
2.2.2. La méthode initiale de DSD 2D décrite par Christian Coachman	7
2.2.3. Évolution.....	8
2.3. La CFAO et le flux de travail numérique.....	9
2.3.1. La CFAO en prothèse fixée.....	9
2.3.2. Le flux de travail numérique complet.....	11
3. Matériel et Méthodes.....	16
3.1. Bases de données choisies	16
3.2. Équation de recherche	16
3.2.1. Pubmed	17
3.2.2. Cochrane Library.....	17
3.3. Zotero	18
3.4. Critères d'inclusion et d'exclusion	18
4. Résultats	18
4.1. Avantages et inconvénients	21
5. Discussion	21
5.1. Avantages	21
5.1.1. Un outil de communication	21
5.1.2. Améliore la prévisibilité.....	23
5.1.3. Un outil d'analyse faciale et de planification.....	23
5.1.4. Gain de temps, d'argent et d'espace.....	25
5.1.5. Un outil de motivation du patient	25
5.1.6. Un outil accessible et innovant.....	26
5.1.7. Un outil sophistiqué et un esthétique personnalisé.....	27
5.1.8. Un outil conforme aux attentes actuelles	28
5.1.9. Avantages en prothèse et restauration	28
5.1.10. Avantages en implantologie	32
5.1.11. Avantages en parodontologie.....	33
5.1.12. Avantages en orthodontie	33
5.2. Inconvénients	35
5.2.1. Un outil coûteux	35
5.2.2. Une courbe d'apprentissage importante	36
5.2.3. Les limites physiques	36
5.2.4. Manque de flux de travail standardisé, offre surabondante et incompatibilité des logiciels	38
5.2.5. Accès aux partenaires numériques.....	38
5.2.6. Un outil au rendu numérique parfois peu réaliste	39
5.2.7. Inconvénients en prothèse et restauration	40
5.2.8. Inconvénient en orthodontie	41
6. Conclusion	42
7. Bibliographie.....	43
8. TABLE DES ANNEXES.....	45
9. TABLE DES FIGURES	52

Liste des abréviations :

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

CFAO : Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur

DSD : Digital Smile Design

DV : Dimension Verticale

FAO : Fabrication Assistée par ordinateur

MOCN : Machine-Outil à Commande Numérique

OBJ : Object 3D

PLY : Polygone

PMMA : Poly Méthacrylate de Méthyle Acrylique

RIM : Rapport Inter-Maxillaires

SLA : Stéréolithographie

STL : Langage de Tessellation Standard

1. Introduction

La modélisation du sourire est une technologie en plein essor depuis la mise au point du « *Digital Smile Design* » (DSD) par Christian Coachman dans les années 2000 (1). Cette méthode a connu un développement sans précédent, grâce aux progrès technologiques, à l'évolution des matériaux et à l'intégration de la Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) dans le processus. En effet, l'amélioration constante des performances des ordinateurs, associée à la sophistication de plus en plus pointue des logiciels, a conduit à l'élaboration de projets toujours plus ambitieux, avec pour objectif principal : le respect des caractéristiques morphologiques de chaque patient. Pour répondre à leurs attentes toujours plus exigeantes, les outils sont devenus plus précis, rapides, fiables et peu invasifs, dépassant ainsi les limites de la dentisterie traditionnelle. C'est pourquoi les simulations du sourire, réalisées à l'origine en 2D, partiellement à main levée, sur des logiciels basiques (tel que Microsoft PowerPoint ou Keynote) ont évolué en simulation 3D (voire 4D) sur des logiciels experts aux possibilités presque infinies et manipulant jusqu'à la réalité augmentée, la reconnaissance faciale ou encore l'intelligence artificielle (2). Tout au long de cette revue systématique, nous avons donc cherché à mettre en évidence quels sont les avantages et les inconvénients des outils d'aide à la modélisation du sourire, particulièrement dans le domaine de la CFAO dentaire.

Le Digital Smile Design (traduit : Conception de sourire numérique) est défini par le Dr. Christian Coachman comme « un outil conceptuel de planification des traitements dentaires à usages multiples, utilisé en dentisterie esthétique interdisciplinaire pour renforcer la vision diagnostique, améliorer la communication, la formation et accroître la prévisibilité tout au long du traitement. » (3). Cette méthode permet de créer numériquement une ou plusieurs simulations de sourire, afin de prévisualiser le résultat attendu et planifier le projet final. Le Digital Smile Design, associé à la CFAO

permet de contourner les étapes laboratoires traditionnelles, afin d'élaborer des pièces prothétiques plus précises et fidèles par rapport à la simulation. Dans ce domaine aussi, les caméras intra-orales, les usineuses, les imprimantes 3D et les logiciels n'ont cessé de se perfectionner, permettant à l'opérateur de dépasser les limites prothétiques conventionnelles et de passer à un flux de travail complètement numérique (4).

La prévisualisation du sourire est une problématique d'autant plus actuelle, que les patients sont de plus en plus exigeants et influencés par de nombreux paramètres extérieurs. Pour ajouter en complexité, la « beauté d'un sourire » est un critère hautement subjectif, qui varie d'une personne à l'autre suivant ses goûts, son âge, ses croyances et les modes (5). La démocratisation des traitements esthétiques dentaires a placé le sourire au centre des préoccupations, de telle sorte qu'il ne suffit plus d'avoir des dents saines pour correspondre aux standards de beauté. Les patients veulent améliorer, voire transformer leur sourire, il faudra alors prendre en compte de nombreux paramètres, tels que la teinte des futures dents, leur forme, leur symétrie, leur alignement, mais aussi l'aspect des tissus mous et la forme du visage pour créer un résultat naturel et cohérent.

2. Généralités

2.1. Critères Fondamentaux d'analyse esthétique du sourire

2.1.1. Analyse extra-buccale du visage

L'objectif principal du Digital Smile Design est la recherche d'un résultat harmonieux et équilibré, en respectant la fonction et la biologie dentaire du patient. En tant que professionnels de santé, nous devons avoir une pensée objective, basée sur les données acquises de la science pour élaborer nos traitements. C'est ici que réside

toute la complexité des traitements esthétiques car il n'y a pas plus subjectif que le concept même de « beauté ». Nous devons respecter certains principes méthodologiques afin d'obtenir des résultats reproductibles et fiables tout en respectant les particularités physiques de chacun, afin d'obtenir un résultat parfaitement adapté au profil de la personne. Certains auteurs ont introduit une notion appelée « Visagisme », qui consiste à exprimer la personnalité du patient à travers l'apparence de son sourire. Ce concept est aussi appelé la « cinquième dimension » du sourire (6).

L'analyse du visage est en principe guidée par les lignes dites de « référence », afin de créer une modélisation du sourire harmonieuse et naturelle, en fonction des traits faciaux de chaque patient. Dans une vue frontale, les lignes de référence horizontales utilisées comprennent la ligne bipupillaire et intercommissurale tandis que la ligne de référence verticale est la ligne médiane du visage. Cette dernière se définit comme la ligne passant par la glabelle, la pointe du nez et le menton (7). Ces lignes permettent de mettre en évidence la symétrie et l'inclinaison du visage (Fig.1).

Dans un visage dit « équilibré », il y a plusieurs autres éléments « d'harmonie » à rechercher, notamment :

1. Les trois étages faciaux relativement égaux et délimités dans le plan frontal par :
 - La ligne d'implantation des cheveux
 - La glabelle
 - Le point sous-nasal
 - Le menton (Fig1.)
2. Le parallélisme entre la ligne bipupillaire et la ligne représentant le plan d'occlusion pour déterminer l'inclinaison maxillaire (Fig.1).
3. La concordance entre la ligne médiane du visage et celle passant entre les incisives centrales maxillaires.

4. L'exposition des dents au repos et la symétrie des lèvres.
5. L'angle naso-labial (entre 90° et 120° selon le genre biologique) : formé par la section de la tangente de la base du nez avec la tangente du bord externe de la lèvre supérieure (Fig.2).
6. Le plan d'occlusion de Ricketts : relie la pointe du nez à la pointe du menton, la lèvre supérieure doit être en retrait de 4mm par rapport à ce plan et la lèvre inférieure de 2mm (Fig.2) (7).

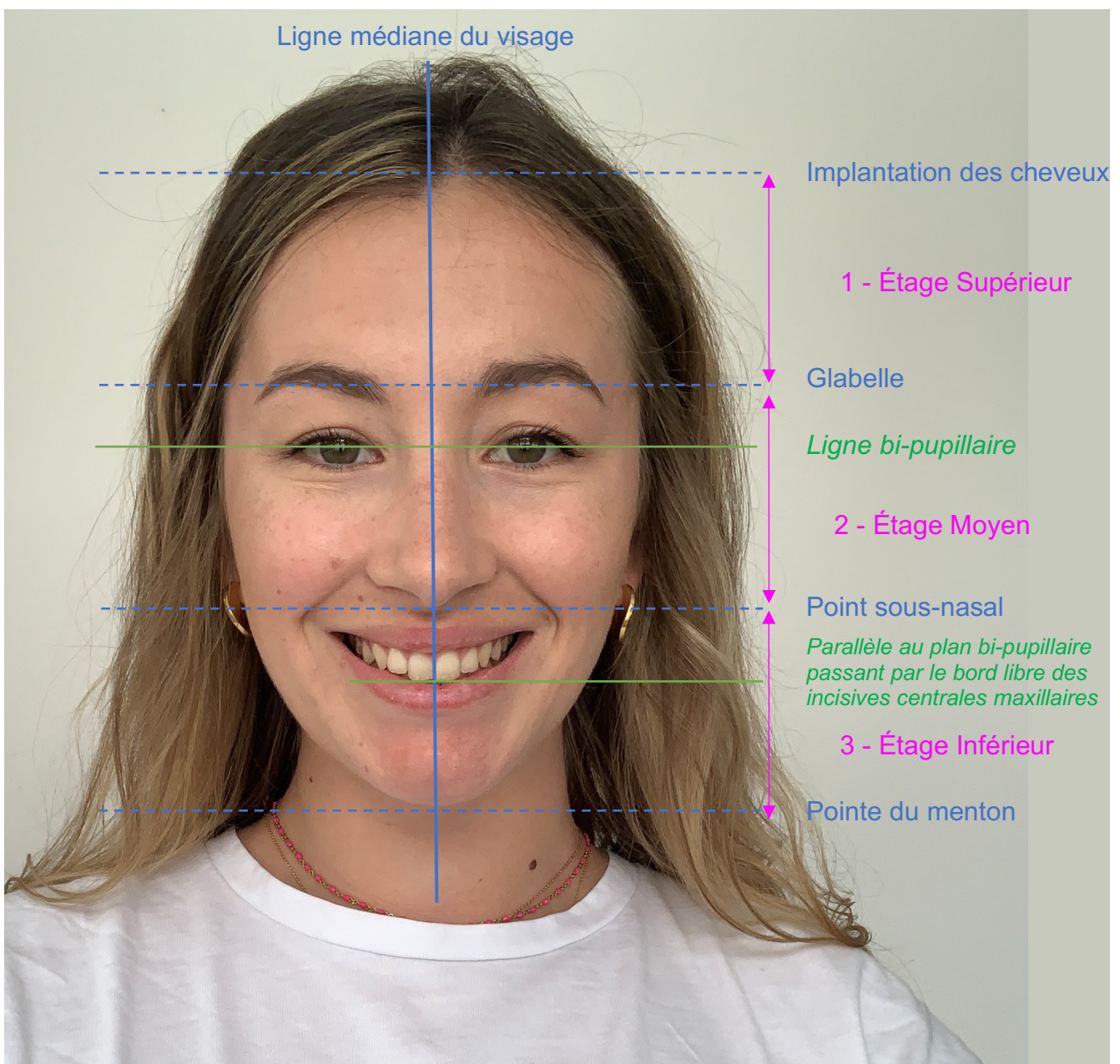


Figure 1. Analyse macro-esthétique, vue frontale.

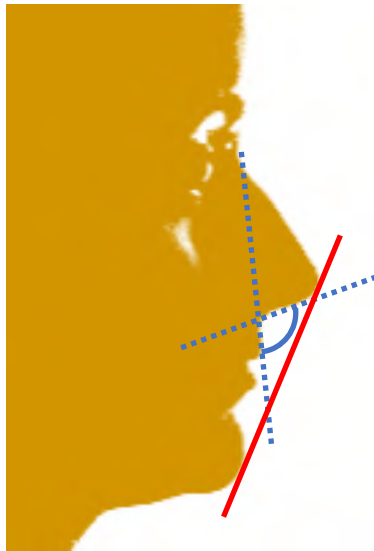


Figure 2. Analyse macro-esthétique, vue sagittale, angle naso-labial (en bleu) et plan de Ricketts (en rouge).

2.1.2. Analyse intra-buccale du sourire

Un sourire est caractérisé aussi bien par l'aspect des dents que par celui des tissus mous, l'harmonie résulte de l'équilibre entre ces deux composantes.

L'apparence d'une dent peut varier en fonction de :

1. Sa forme : ovale, triangulaire ou carrée (la forme des dents pourrait être déterminée par les contours du visage) (8).
2. Son inclinaison par rapport à l'axe de la ligne médiane.
3. Sa teinte.
4. La relation entre la largeur et la hauteur : entre 75% et 80% pour l'incisive centrale maxillaire (7).

Il faudra aussi considérer la gencive, qui pourra être inesthétique si on constate un déséquilibre entre la surface dentaire et la surface gingivale.

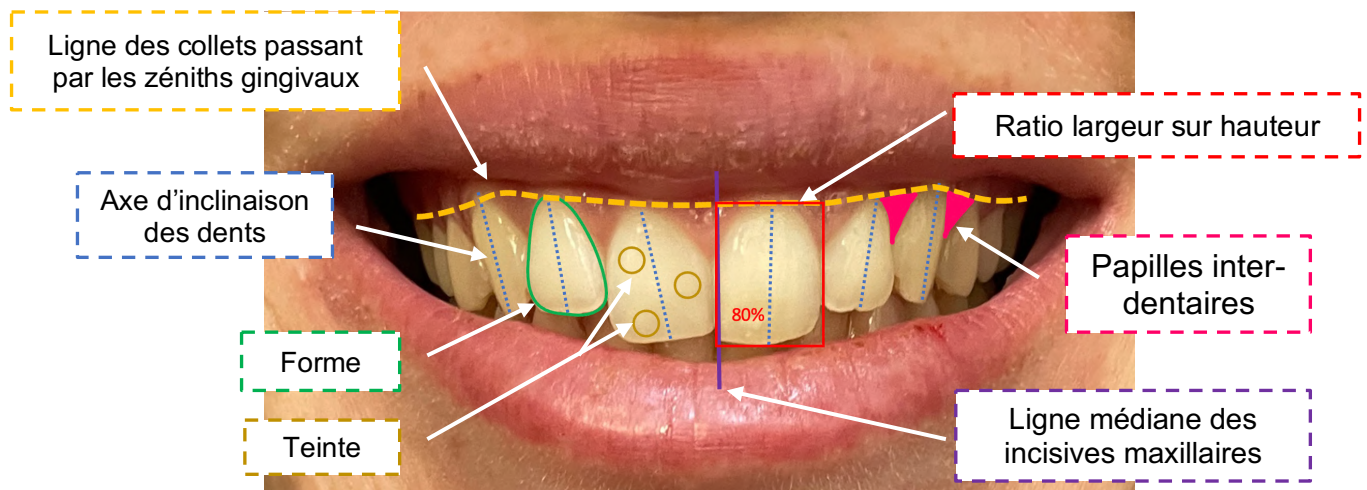


Figure 3. Analyse micro-esthétique, vue frontale.

2.2. Les logiciels de modélisation du sourire

2.2.1. Généralités

Le DSD est un outil polyvalent, qui permet d'élaborer, de retoucher numériquement le sourire et de présenter au patient une maquette numérique de son nouveau design, avant toute intervention (Fig.4). Il favorise la communication en prévisualisant le résultat final et implique activement le patient tout au long du processus de conception de son propre sourire (9). Le DSD ne s'intéresse néanmoins qu'à la modélisation des dents du secteur antérieur maxillaire. Il existe aujourd'hui de nombreux logiciels de modélisation du sourire indépendants ou intégrés au sein de programmes complets déjà existants.

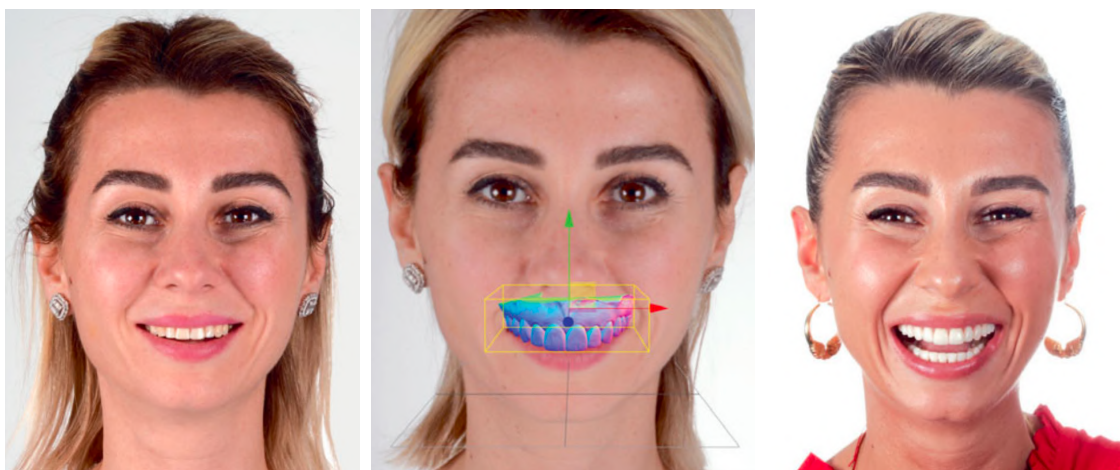


Figure 4. DSD réalisé à partir du logiciel Rebel et réhabilitation du sourire par facettes (6).

2.2.2. La méthode initiale de DSD 2D décrite par Christian Coachman

La première méthode de DSD décrite par Christian Coachman dans les années 2000, est réalisée à partir de photographies importées dans un logiciel de base, tels que PowerPoint ou Keynote.

1. Sont reportées les lignes médiane du visage et bipupillaire sur une photographie de face du patient souriant.
2. Sur une photographie zoomée du sourire est transférée la ligne médiane, puis est dessinée une ligne parallèle au plan bi pupillaire qui symbolisera la limite du futur bord des incisives maxillaires (Fig.5A-B).
3. Analyse du sourire : des simulations peuvent être effectuées pour fixer la position du bord incisif, l'inclinaison, le déplacement, les proportions des dents et le contour des tissus mous (Fig.5B).
4. Dessin du contour des dents du futur sourire (Fig.5C).
5. Calibrage de la règle numérique ; en mesurant la longueur d'une incisive centrale et en transférant la mesure à l'ordinateur (Fig.5D).
6. Transfert de la croix sur le modèle en plâtre.
7. Wax-up réalisé par le prothésiste en fonction des mesures et formes de la simulation (10).

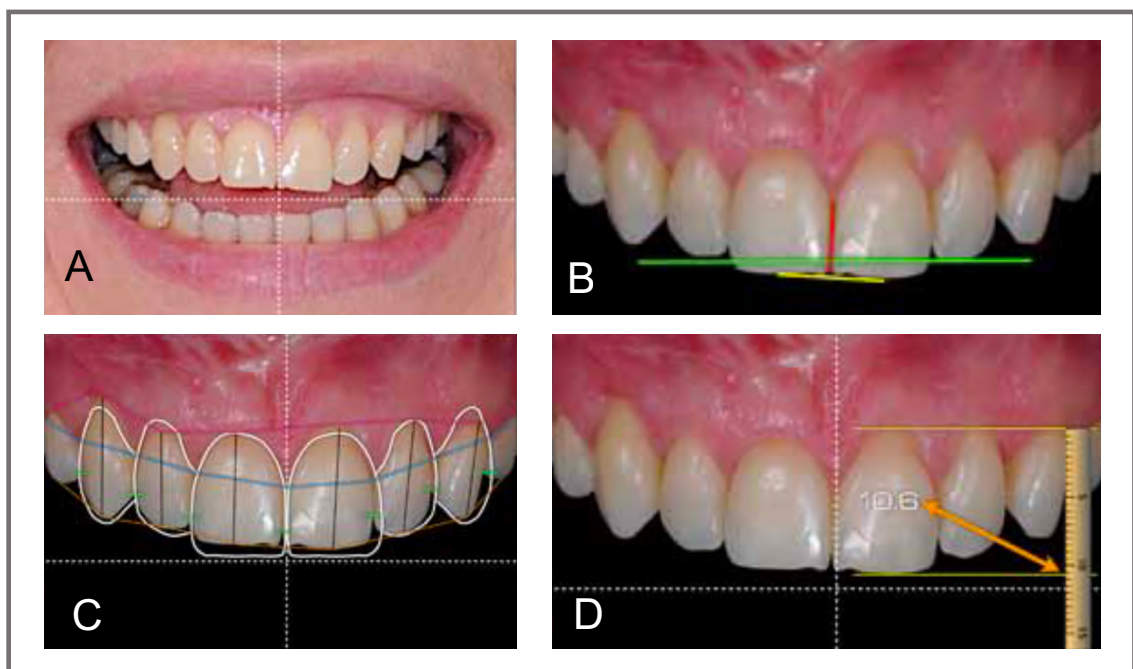


Figure 5. DSD 2D par Coachman (10).

2.2.3. Évolution

Au cours des vingt dernières années, la conception du sourire s'est progressivement transformée, passant d'une conception analogique physique traditionnelle à une conception virtuelle d'abord 2D puis 3D (9). Le Dr. Coachman décrit en 2017 une classification rendant compte de cette évolution (11) :

« **Génération 1.** Dessins analogiques sur photos et aucun lien avec le modèle analogique ». Ce sont les premiers essais de transformation du sourire dans les années 90, où les conceptions étaient réalisées à partir de dessins à main levée sur des photographies imprimées.

« **Génération 2.** Dessins numériques 2D et connexion visuelle au modèle analogique » (cf. 2.2.2.). La dentisterie numérique apparaît et certains logiciels comme PowerPoint ou Keynote sont utilisés pour réaliser des modélisations virtuelles (mise au point de la méthode DSD par Coachman (10) à partir de 2005). Néanmoins, il n'y a pas encore de connexion physique au modèle de travail et le visage n'est pas pleinement pris en considération.

« **Génération 3.** Dessins 2D numériques et connexion analogique au modèle ». Prémices de la connexion numérique-analogique, mais procédé encore peu fiable et lourd (correspondance de la conception numérique du sourire 2D au wax-up 3D).

« **Génération 4.** Dessins 2D numériques et connexion numérique au modèle 3D ». Période où la dentisterie numérique est passée de l'analyse 2D à l'analyse 3D avec démocratisation de la CFAO. Développement du logiciel NemoDSD (4) en 2013, premier logiciel de conception du sourire entièrement axé sur le visage permettant de connecter numériquement la conception 2D du sourire au modèle 3D virtuel de travail.

« **Génération 5.** Flux de travail 3D complet ». Il est dorénavant possible d'adopter un flux de travail complètement numérique en 3D, comprenant le scan des dents, la modélisation 3D du sourire en prenant en compte le visage (scans faciaux), l'usinage ou l'impression 3D de prothèses provisoires et l'usinage des restaurations définitives de façon totalement dématérialisée en paramétrant un « Patient virtuel 3D » (12).

« **Génération 6.** Le concept 4D. Ajout de mouvement du visage au processus de conception du sourire » (9). Ce principe n'est encore qu'une perspective.

2.3. La CFAO et le flux de travail numérique

La CFAO ou « Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur » désigne en odontologie, l'ensemble des équipements permettant de passer de la modélisation à la fabrication des prothèses dentaires dans un processus assisté par ordinateurs.

Le « Complete Digital Workflow » ou Flux de travail numérique complet est une technique qui n'utilise aucun support physique traditionnel pour concevoir les futures restaurations. En effet, il n'est plus question de modèles en plâtre mais de modèles virtuels sur lesquels sont conçus des wax-up numériques.

2.3.1. La CFAO en prothèse fixée

Il existe différents types de CFAO dentaire en prothèse fixée (Fig.6) :

La technique dite "directe" : est une méthode de réalisation et de fabrication entièrement exécutée au cabinet dentaire par le praticien et l'équipe du cabinet dentaire ; il n'y a pas d'externalisation. Pour ce faire, il est nécessaire d'être équipé :

- D'un scanner intra-oral pour réaliser les empreintes numériques dentaires,
- D'un logiciel ou module de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) pour modéliser la future prothèse virtuellement,

- D'un module de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) pour paramétrer la machine qui transformera le projet numérique en objet,
- D'une machine-outil à commande numérique (MOCN) qui fabriquera la prothèse (soit par soustraction avec une usineuse, soit par addition avec une imprimante 3D).

Idéalement, cette méthode permet de réaliser la ou les prothèses en une séance. Il est possible de réaliser inlay, onlay, facette céramique, couronne unitaire ou encore bridge/couronne provisoire sans aucun intermédiaire.

La technique dite "semi-directe" : au moins une étape de CFAO est réalisée au cabinet dentaire, c'est souvent l'étape d'acquisition, permettant d'obtenir les empreintes numériques, exportées au laboratoire de façon dématérialisée. Les étapes suivantes sont déléguées au laboratoire, qui renverra les pièces fabriquées au cabinet.

La technique dite "indirecte" : l'empreinte réalisée est traditionnelle, c'est-à-dire physico-chimique et non-numérique. Elle est ensuite coulée pour obtenir un modèle en plâtre, qui sera scanné par un scanner de laboratoire pour obtenir des modèles virtuels.

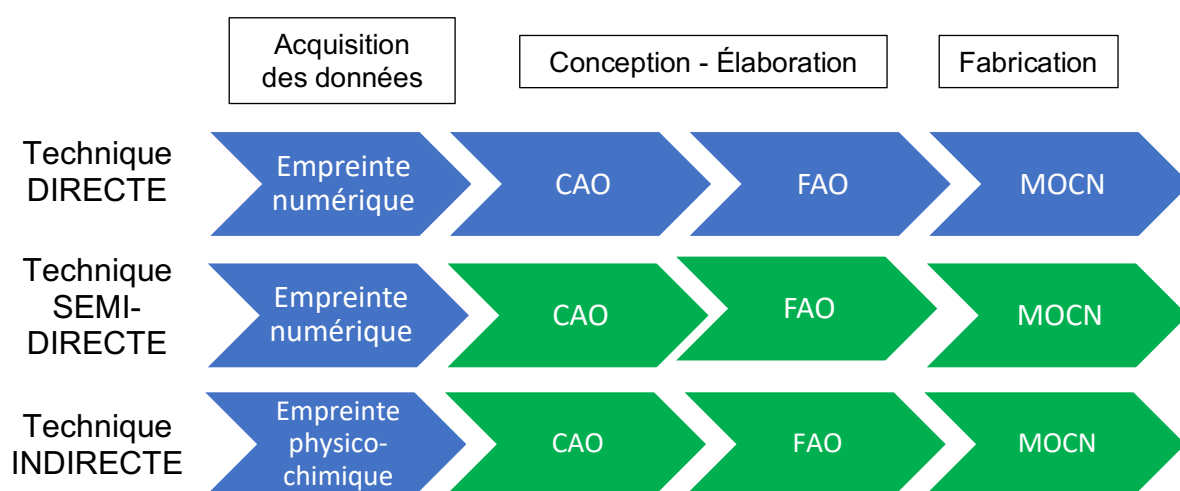


Figure 6 : Les différents type de CFAO en prothèse fixée

En BLEU : étape au cabinet dentaire

En VERT : étape au laboratoire de prothèse

2.3.2. Le flux de travail numérique complet

La CFAO est très utile dans tout plan de traitement comprenant une modélisation du sourire. En effet, cela réduit considérablement les erreurs liées à l'opérateur et génère des résultats plus fiables et reproductibles (13,14). Par exemple, il serait contre-productif de faire réaliser un wax-up à la main en laboratoire, à partir d'une conception numérique 3D du sourire faite par ordinateur. Même avec des mesures précises, nous perdrons beaucoup en précision.

1. Pour commencer tout DSD, il convient de réaliser des photographies selon des règles précises et adaptées en fonction du logiciel. C. Coachman a décrit un protocole photographique unique et complet pour produire des clichés standardisés (9) :

- Trois photos de face : avec large sourire, au repos et en vue « lèvres écartées » avec un large sourire.
- Deux photos de profil : profil latéral au repos et avec un sourire complet.
- Vue à 12 h vue d'une horloge avec un large sourire et bords incisifs maxillaires visibles reposant sur la lèvre inférieure.
- Une vue intra-occlusale de l'arcade maxillaire de deuxième prémolaire à deuxième prémolaire.
- Pour encore plus de précision, un protocole vidéo dynamique pourra être réalisé. Selon Coachman, « l'utilisation de la documentation dynamique rendra le diagnostic plus efficace et les plans de traitement plus cohérents. Il fournira également des séquences de traitement plus logiques et plus simples, réduisant les risques et améliorant les résultats finaux » (15).

Lorsqu'il est possible, un scan facial pourra être réalisé en supplément. Un scanner facial est un équipement très onéreux, ce qui limite son utilisation dans le domaine dentaire. Cependant, tout téléphone portable doté de la fonction de reconnaissance faciale permet aujourd'hui d'effectuer un scan facial en 3D, pour ainsi remplacer les clichés photographiques mais restant souvent moins précis que les scanners faciaux traditionnels (16,17).

2. Un scan intra-oral préliminaire sera ensuite réalisé et les rapports inter-arcades seront enregistrés. Les modèles virtuels de travail obtenus seront ensuite superposés aux clichés photographiques ou dans le scan facial 3D pour intégrer la future modélisation du sourire dans le visage. On obtient alors un « patient virtuel » :

- Patient virtuel 2D : une photographie 2D est superposée à un scan intra-oral 3D (fichier STL).
- Patient virtuel 3D : un scan facial 3D est superposé à un scan intra-oral 3D, et plus ou moins aux fichiers DICOM issus d'un CBCT.
- Patient virtuel 4D : c'est le patient virtuel 3D dynamique, on a fusionné l'enregistrement des mouvements de la mâchoire et du visage au patient virtuel 3D (18).

Le diagnostic esthétique est dorénavant possible en manipulant les modèles, les asymétries sont mises en évidence.

3. Le processus de modélisation 3D du sourire dépendra du logiciel utilisé offrant une approche plus ou moins simplifiée et ludique selon leur degré de sophistication. Dans certains programmes, une bibliothèque virtuelle proposant différentes morphologies dentaires sera mise à disposition, de nombreuses formes de dents seront pré-disponibles. Chez d'autres, des algorithmes

intelligents pourront générer de façon automatique le meilleur arrangement dentaire en fonction des traits du visage. Les lignes de références horizontales et verticales sont souvent préétablies et modifiables afin d'objectiver les problèmes de symétrie. Enfin, dans les logiciels les plus sophistiqués, il sera possible de modéliser indépendamment chaque dent et de modifier chacun de ses paramètres, offrant un nombre de possibilités infini.

Le logiciel IvoSmile® (Ivoclar-Vivadent) (Fig.7,16), est un logiciel simple et accessible sur IOS utilisant la réalité augmentée et la reconnaissance faciale. Il génère en quelques minutes une modélisation du sourire partiellement modulable et pouvant être exportée. Grâce à la réalité augmentée, nous pouvons tester la modélisation en conditions réelles avec « l'effet miroir » de l'application (2).

La reconnaissance faciale « est une technologie capable d'identifier automatiquement une personne à partir d'une image numérique, en utilisant des lignes de référence du visage et des algorithmes mathématiques » (2).

La réalité augmentée « est un type de technologie dans laquelle un environnement est amélioré grâce au processus de superposition de contenu virtuel généré par ordinateur sur une structure réelle » (2).

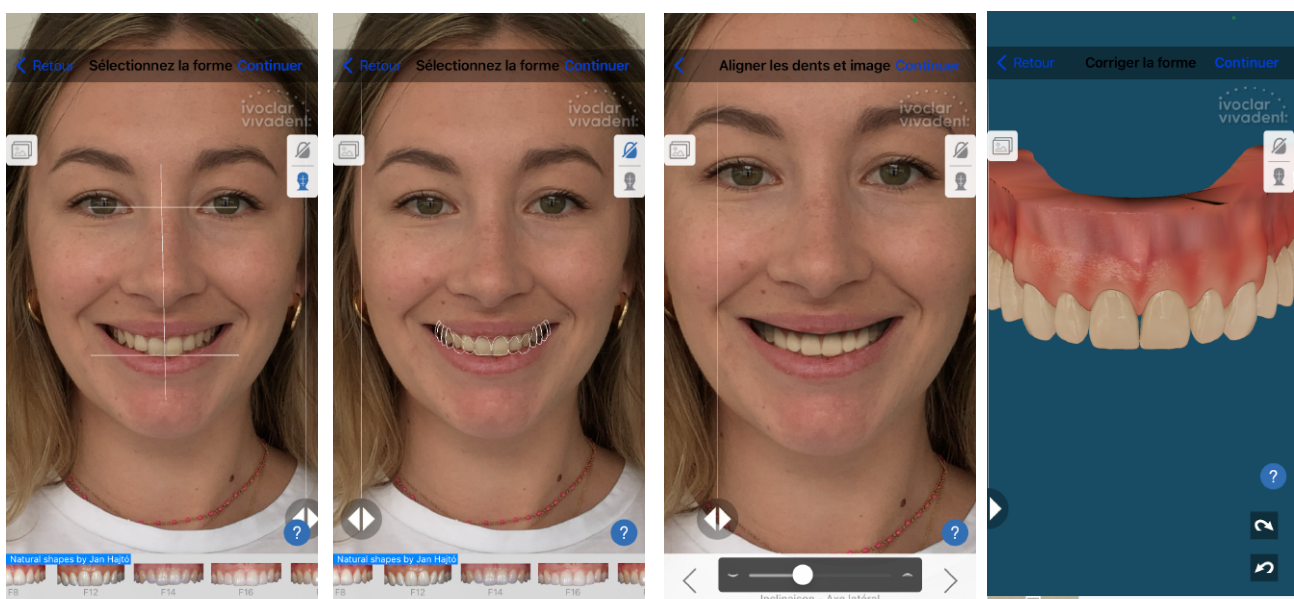


Figure 7. Modélisation du sourire à l'aide de l'outil IvoSmile pour IOS (2).

4. Le projet esthétique peut être validé par le patient, qui aura eu tout le loisir d'ajuster avec le praticien la modélisation jusqu'au résultat escompté.
5. Pour tester la modélisation du sourire en conditions réelles, il faut transférer le wax-up numérique en bouche, deux solutions s'offrent à nous :
 - Le mock-up est usiné ou imprimé, puis scellé provisoirement en bouche : avec cette solution, il n'y a aucune étape manuelle ce qui rend le résultat plus reproductible (14).
 - Soit en imprimant en 3D le modèle des dents avec le wax up numérique et en réalisant une clef en silicone (Fig.8). Le mock-up sera obtenu par isomoulage du wax-up en bouche par le praticien : cette étape manuelle peut compromettre la prévisibilité du résultat final, puisqu'elle dépendra de la dextérité et de l'expérience du praticien.
6. Une fois le projet validé définitivement, les ajustements muqueux et dentaires pourront être réalisés. Les dents seront préparées et scannées de nouveau afin d'usiner les prothèses définitives, toujours en suivant un flux de travail numérique.

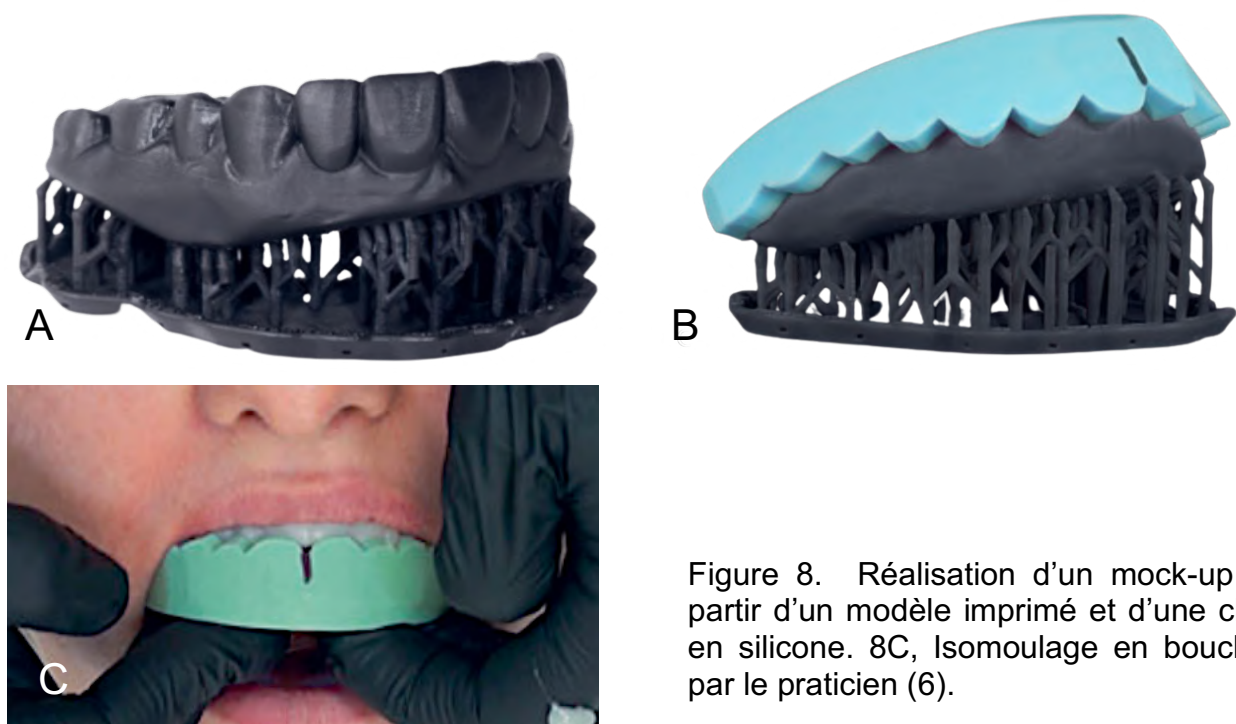


Figure 8. Réalisation d'un mock-up à partir d'un modèle imprimé et d'une clef en silicone. 8C, Isomoulage en bouche par le praticien (6).

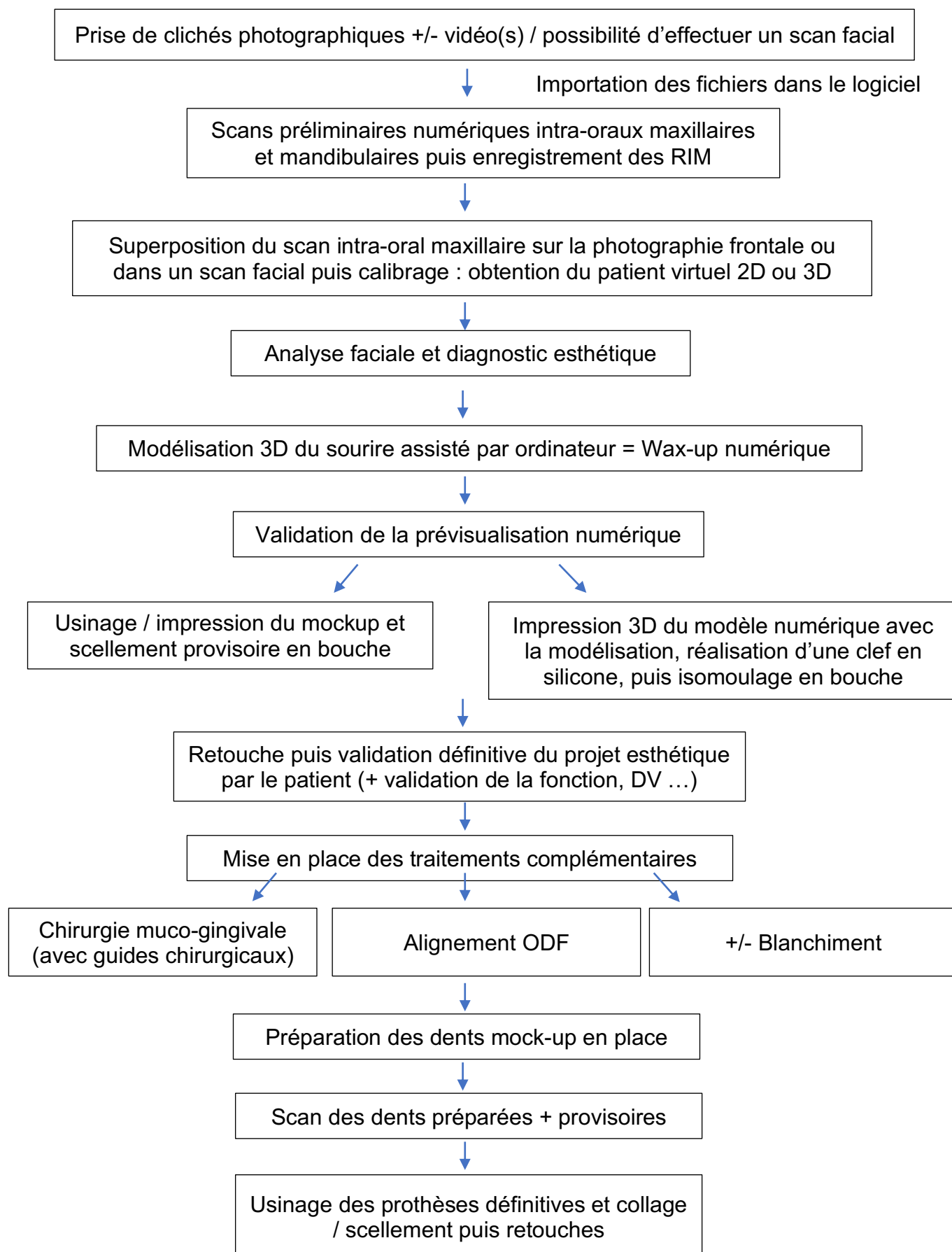


Figure 9. Modélisation du sourire dans un Complete Digital Workflow 3D.

Finally, how can we perfectly meet the patient's expectations, without passing through a preliminary in-depth aesthetic analysis and a simulation of the future smile? The extreme sophistication of the software could it finally hinder this essential step? Through this systematic review of the literature, we will research what are the advantages and disadvantages of the tools that help in the modeling of the smile in dental CAD. Between advanced technology and gadgetization: what are the consequences on our daily practice?

3. Matériel et Méthodes

Pour répondre à cette problématique, une revue systématique de la littérature a été réalisée. La méthodologie de cette recherche s'est conformée aux recommandations PRISMA, pour produire une revue conforme, de garantir sa qualité et de permettre son évaluation par les lecteurs (19).

3.1. Bases de données choisies

Les articles ont été sélectionnés à partir de deux bases de recherche : PubMed et Cochrane Library. Ces deux bases de données bibliographiques sont spécifiques au domaine des sciences biomédicales : PubMed regroupant plus de 32 millions d'articles scientifiques et la Cochrane Library proposant des revues systématiques (review) probantes réalisées à l'aide de protocoles rigoureux et aux résultats fiables.

3.2. Équation de recherche

Ce travail de thèse vise à mettre en évidence les avantages et les inconvénients des outils d'aide à la modélisation du sourire en CFAO dentaire.

3.2.1. Pubmed

La catégorie MeSH « Computer-Aided Design » comportait au 8 janvier 2022, 30 654 articles (Fig.10).

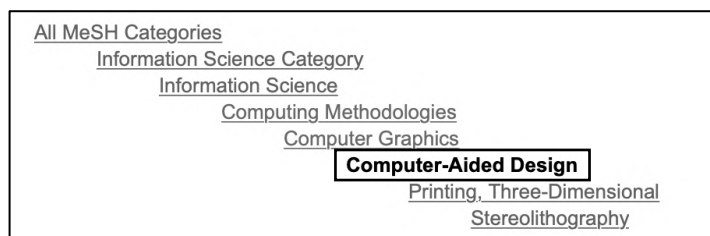


Figure 10 : Arborescence Mesh de « Computer-Aided Design »

Avec l'équation : “(Computer Aided Design[MeSH Terms]) AND (smiling)”, nous obtenons 85 résultats, mais nous n'incluons que les articles indexés en MeSH terms dans Pubmed.

Pour contourner ce biais de sélection, nous avons utilisé l'équation suivante : « ((Computer Aided Design[MeSH Terms]) AND (smiling)) OR ((Computer Aided Design[Text Word]) AND (smiling)) » avec laquelle nous avons obtenu 105 résultats.

Pour finir, nous avons ajouté « digital smile design » et « virtual smile design », deux formules retrouvées dans les keywords des articles non indexés correspondant à la problématique.

Nous obtenons ainsi l'équation de recherche finale :

“((Computer Aided Design [MeSH Terms]) AND (smiling)) OR ((Computer Aided Design[Text Word]) AND (smiling)) OR (digital smile design) OR (virtual smile design)”.

3.2.2. Cochrane Library

Pour rechercher des articles dans Cochrane Library, nous avons utilisé les mêmes combinaisons de termes que dans Pubmed pour limiter le nombre d'articles et cibler les publications pertinentes (Fig.11).

#1	MeSH descriptor: [Computer-Aided Design] explode all trees	MeSH ▼	313
#2	("computer-aided design")	Limits	479
#3	smiling	Limits	234
#4	virtual smile design	Limits	4
#5	(smile):ti,ab,kw	S ▼ Limits	602
#6	digital smile design	Limits	12
#7	(#1 AND #3) OR (#1 AND #5) OR (#2 AND #3) OR (#2 AND #5) OR #4 OR #6	Limits	18
#8	Type a search term or use the S or MeSH buttons to compose	S ▼ MeSH ▼ Limits	N/A

Figure 11 : Recherche avancée sur Cochrane Library

3.3. Zotero

L'ensemble des articles retenus à chaque étape a été organisé dans le logiciel ZOTERO, un logiciel permettant de gérer et d'organiser les données bibliographiques.

3.4. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion suivants ont été appliqués :

1. Articles ayant pour sujet principal le Digital Smile Design ET la CFAO dentaire.
2. Articles ayant pour sujet les avantages et inconvénients du Digital Smile Design.

Les critères d'exclusion suivants ont été appliqués :

1. Publications hors sujet.
2. Pas assez d'informations sur le sujet choisi ou articles non pertinents.
3. Pas d'accès au résumé ou à l'article complet.
4. Études impliquant des patients atteints de maladies et affections systémiques ayant une répercussion orale.
5. Articles antérieurs à 2005 (date de création du DSD).
6. Articles non publiés en langue anglaise ou française.

4. Résultats

Dans Pubmed, suivant l'équation de recherche précédemment décrite, nous obtenons un résultat de 267 articles au 8 janvier 2022, après avoir exclu les articles non rédigés en anglais ou en français.

De même, à partir de la Cochrane Library, nous obtenons 18 articles à cette même date.

Aucune recherche n'a été conduite dans la littérature grise. Ses modalités de recherche restant hasardeuses et ne permettant pas l'exhaustivité. De plus, le nombre d'articles obtenus initialement a été jugé suffisant (20).

L'examen des articles et l'extraction des données ont été effectués conformément au diagramme de flux PRISMA (Fig.12).

Grâce aux recherches effectuées dans Pubmed et la Cochrane Library, ont été sélectionnés 285 articles. Auxquels ont été ajoutés 16 articles supplémentaires, identifiés grâce à la bibliographie des articles sélectionnés en lecture complète. L'inclusion de ces articles participe à diminuer le biais de sélection.

Après suppression des doublons (n=8), nous obtenons un total de 293 articles.

Les critères d'inclusion et d'exclusion ont été appliqués à chaque étape de la sélection des articles : après lecture des titres, nous ne conservons que 154 articles et après lecture des résumés, il ne reste plus que 104 articles à analyser en lecture complète.

Parmi ces 104 articles, nous n'avons pas eu accès au texte intégral de 12 articles qui ont été exclus immédiatement. 56 articles supplémentaires ont été exclus après application des autres critères.

Finalement, après lecture intégrale, 36 articles ont été inclus dans la synthèse qualitative.

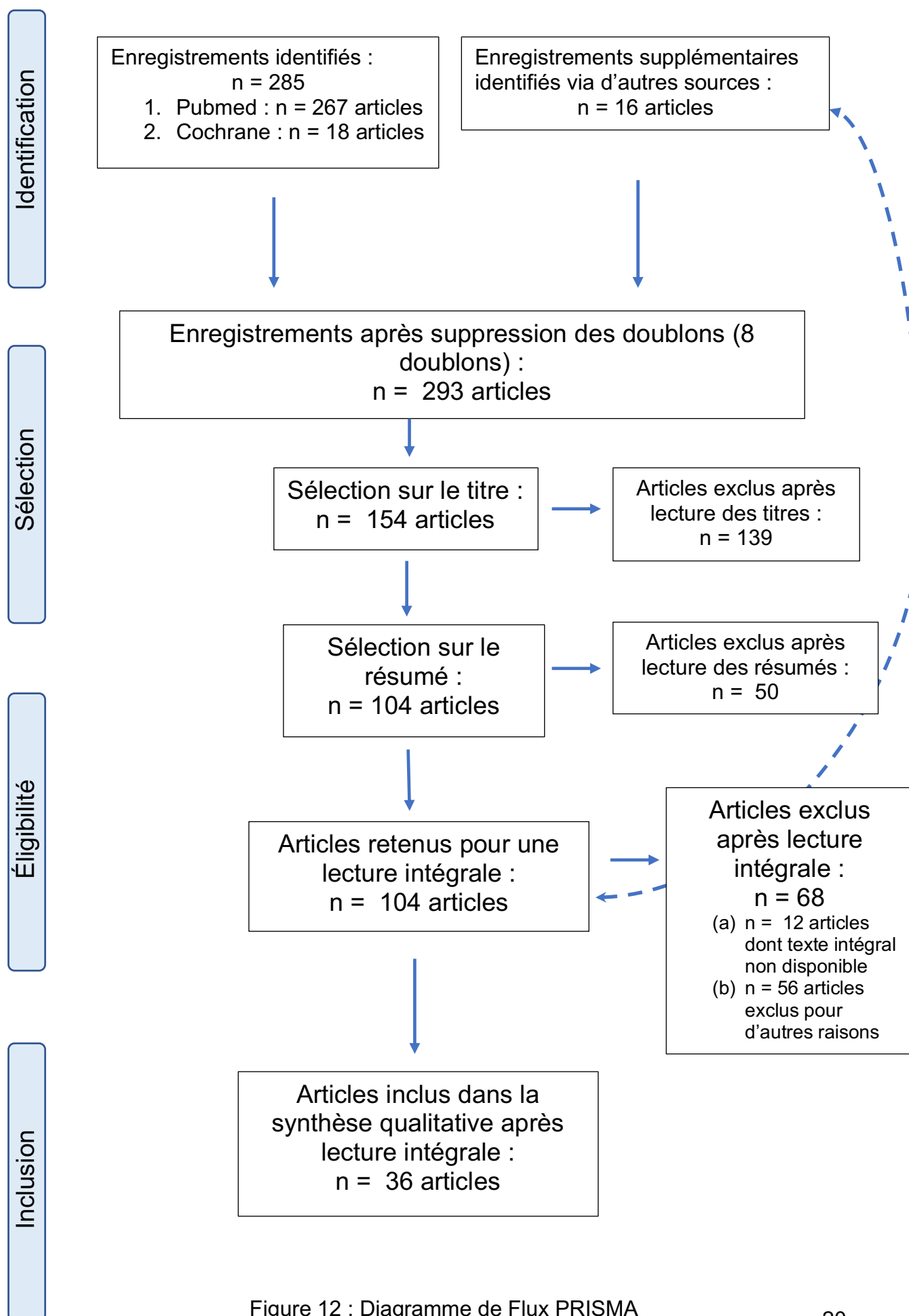


Figure 12 : Diagramme de Flux PRISMA

4.1. Avantages et inconvénients

Voici la synthèse des avantages et des inconvénients retrouvés dans les 36 articles analysés en lecture intégrale (Fig.13). Le tableau de synthèse complet des résultats est à consulter dans l'annexe I.

Avantages		Inconvénients	
Améliore la communication	14	Investissement économique important	9
Améliore la qualité / prévisibilité	12	Courbe d'apprentissage importante	5
Outil de planification et de diagnostic	8	Limites physiques	5
Temps au fauteuil réduit	6	Technique chronophage	5
Simplification des procédures	6	Manque de précision	4
Diminue erreurs opératoires	5	Technique statique	4
Esthétique personnalisé	4	Incompatibilité logiciels	2
Augmente acceptabilité	4	Aspect peu naturel	2

Figure 13 : Résumé du tableau de synthèse avec pour chaque item le nombre d'article dans lequel il a été cité.

5. Discussion

5.1. Avantages

5.1.1. Un outil de communication

Communication Patient-Praticien :

Le Digital Smile Design est un outil de communication visuel et transparent avec les patients, mais aussi entre les professionnels. En effet, le patient peut visualiser le résultat escompté avant même d'avoir commencé à préparer une seule dent et ainsi confirmer que le projet est conforme à ses attentes (5,14).

Une revue systématique menée par Gabriele Cervino et al. (21) prenant en compte 24 articles, a conclu que le DSD permettait une excellente communication avec nos

patients, et offrait au clinicien un outil fiable pour choisir la meilleure option thérapeutique, grâce aux algorithmes intelligents et à l'analyse faciale approfondie.

Selon une étude transversale réalisée en 2020 et impliquant 500 patients (5), la méthode préférée pour prévisualiser le résultat final en réhabilitation esthétique dentaire est le DSD avec 68,8 % des réponses. Le wax-up dentaire vient ensuite avec 22,2% des réponses et enfin la simple explication orale du dentiste avec 7,2 %. Cette étude atteste que le DSD est un outil de communication apprécié par les patients.

Pour finir, une publication de Longwei Lv et al. (22) a comparé l'attractivité des plans de traitements numériques par DSD, qu'ils soient simulés en 2D (Fig. 14A-B), ou en 3D (Fig. 14C-D). Selon les évaluations des patients, les plans de traitements simulés en 3D se sont montrés plus intuitifs et davantage compréhensibles comparés aux simulations 2D. Cette étude confirme les avantages du flux de travail numérique 3D dans la communication patient-praticien rendant le plan de traitement plus intuitif.

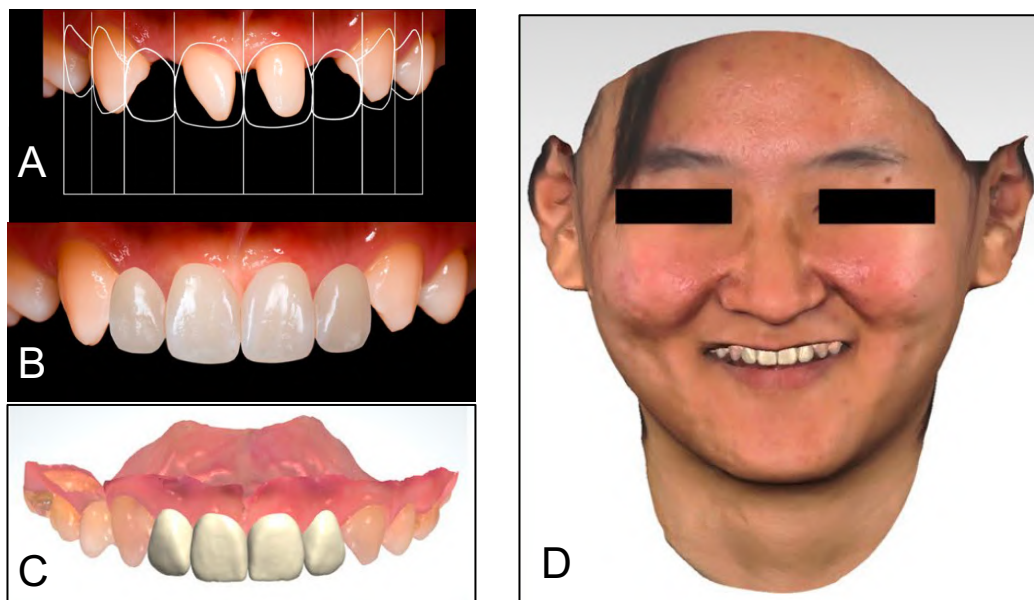


Figure 14. Simulation numérique d'un sourire en 2D et 3D, A-B, Photographies avec modélisation 2D. C, Scan intra-oral avec modélisation 3D. D, scan facial avec modélisation 3D intégrée (22).

Communication Interprofessionnelle :

L'incorporation des technologies DSD dans la phase de diagnostic prothétique et esthétique améliore la communication clinique et la planification des soins, surtout si plusieurs professionnels sont impliqués (prothésiste, orthodontiste, dentiste restaurateur, parodontiste etc...), en minimisant le risque d'erreurs et en augmentant l'efficacité. En effet, « prévoir le résultat final, c'est identifier précocement les traitements complémentaires spécifiques » (23).

Toutes les discussions, solutions et décisions peuvent être effectuées en ligne, de manière asynchrone, permettant à l'équipe de communiquer à tout moment et n'importe où, sans augmenter les coûts de traitement. Tous ces éléments participent à obtenir un résultat plus prévisible, cohérent et, permettent au final de diminuer la quantité d'ajustements intra-oraux (3,9,16,21).

5.1.2. Améliore la prévisibilité

Le DSD, associé à la CFAO, permet d'augmenter la prévisibilité du traitement, grâce au lien établi entre la modélisation du sourire et le modèle virtuel 3D. La procédure est mécanisée, automatisée, et est finalement plus fiable. Pour résumer, l'amélioration de la prévisibilité du traitement résulte de la combinaison de beaucoup d'avantages du DSD (meilleure communication, meilleure analyse des paramètres faciaux, diminution du risque d'erreurs opératoires et simplification des procédures) (9,10,14,18,24).

5.1.3. Un outil d'analyse faciale et de planification

L'un des avantages les plus importants de la dentisterie numérique est la capacité à rationaliser des processus plus simplement que par voie analogique (25). L'adoption du protocole DSD peut rendre le diagnostic plus efficace et la planification du traitement plus cohérente. Un protocole incluant des photographies, scans faciaux,

vidéos permet aux professionnels de visualiser et examiner des difficultés non-visibles cliniquement, de manière objective et standardisée (23). En effet, le dessin manuel, automatique ou assisté par ordinateur des lignes de référence précédemment décrites (cf.2.1.), permettra d'étudier la symétrie, l'alignement, le respect des proportions à partir des données faciales, dento-faciales, dento-labiales, dento-gingivales et inter/intra-dentaires ... pour ainsi adopter un protocole adapté (9,10).

Ces outils permettent aussi une analyse dentofaciale dynamique, si on adjoint le protocole vidéo décrit par Coachman (15), offrant une analyse du sourire en mouvement pour une modélisation plus spontanée, naturelle et réaliste. Cela simplifie le processus de documentation et permet d'analyser la phonétique, la fonction et les mimiques du patient.

Grâce à la CFAO, nous pouvons aujourd'hui superposer de nombreux types de fichiers : scans faciaux, scans intra-oraux, scans des modèles en plâtre, photographies, vidéos et même fichiers radiologiques 3D issus de CBCT pour obtenir un « patient virtuel » 2D ou 3D et ainsi optimiser le diagnostic (Fig.15) (26).

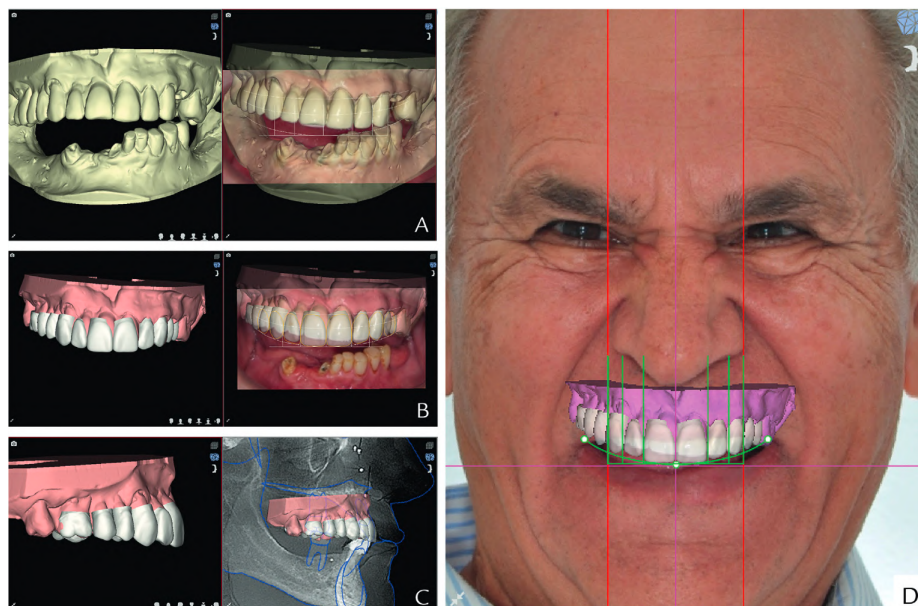


Figure 15 : Superposition de plusieurs fichiers numériques pour faciliter le diagnostic esthétique et la modélisation du sourire (26).

5.1.4. Gain de temps, d'argent et d'espace

L'exportation des fichiers numériques vers d'autres appareils est une solution fiable et peu coûteuse pour les cabinets dentaires. Comme le résultat est très prévisible, les dentistes passent moins de temps à l'ajustement et les coûts du traitement diminuent (14,23). Si le praticien maîtrise correctement son flux de travail numérique, le temps au fauteuil voire le nombre de rendez-vous sont réduits (25).

De plus, les données de la modélisation sont stockées sur le long terme, accessibles à tout moment en cas de casse ou de contentieux.

Un dernier avantage est l'accès mondial à ce service, puisque les fichiers sont numériques et peuvent être envoyés de n'importe quelle partie du monde via Internet à un laboratoire qui dispose de cette technologie (26).

5.1.5. Un outil de motivation du patient

Pouvoir prévisualiser le résultat final augmente l'acceptation du traitement par les patients : c'est une clé de motivation, non seulement pour démarrer le traitement, mais aussi pour impliquer le patient tout au long du processus. Le patient devient co-acteur de son traitement et il développe une meilleure observance (3,16,27).

Même si le DSD peut être présenté comme un outil marketing, car il augmente la valeur perçue d'un traitement dentaire et ainsi le taux d'acceptation, il reste un outil pédagogique utile pour éduquer le patient et lui offrir une meilleure compréhension des avantages du traitement proposé (9,10).

5.1.6. Un outil accessible et innovant

Avec l'apparition de nouveaux logiciels connectés destinés aux smartphones et aux tablettes portables, les outils d'aide à la modélisation du sourire deviennent accessibles à tous les dentistes, même débutants. Ces logiciels utilisent les fonctionnalités nouvellement introduites, telle que la reconnaissance faciale et la réalité augmentée pour offrir une expérience ludique et guidée. L'utilisation de la réalité augmentée pour visualiser la modélisation du sourire 3D en temps réel (Fig.16) est plus immersive, avec une évaluation objective et concrète des mouvements du visage lors de la parole ou des émotions (8,28).



Figure 16 : Patiente utilisant la réalité augmentée pour évaluer le DSD créé avec l'application IvoSmile, Vitadent (2).

Deux exemples :

IvoSmile, une application développée par Ivoclar-Vivadent (Fig.7,16), est un logiciel qui propose de créer une modélisation facilement, en utilisant la tablette ou le téléphone comme miroir, grâce à la reconnaissance faciale et la réalité augmentée. Le nouveau sourire suit les mouvements de la tête.

D'autres applications, comme DSDApp 3D pour iOS (Fig.17) développée par C. Coachman, sont plus sophistiquées et se rapprochent davantage de logiciels

classiques grâce à la possibilité d'importer des scans faciaux et intra-oraux dans l'application portable avant de modéliser le nouveau sourire. C'est une application tout-en-un qui permet la modélisation du sourire jusqu'à l'usinage du mock-up en laboratoire dans la limite où le procédé reste additif (16).

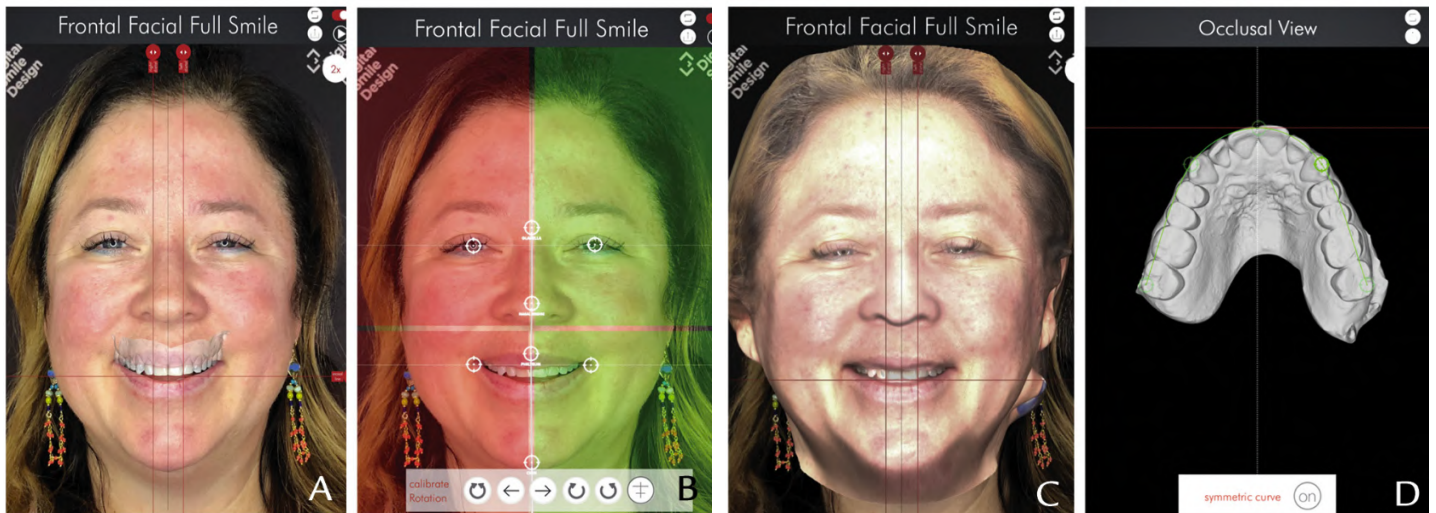


Figure 17. Modélisation du sourire dans DSDApp 3D. A, superposition du scan intra-oral 3D avec la photographie 2D. B, positionnement des points de repère faciaux. C, scan facial 3D avec positionnement des lignes de référence. D, vue occlusale du scan intra-oral 3D (16).

5.1.7. Un outil sophistiqué et un esthétique personnalisé

Le DSD peut, selon le degré de sophistication du logiciel utilisé, être réalisé manuellement, assisté partiellement par ordinateur ou de façon complètement automatisée grâce à l'intelligence artificielle.

De nombreux instruments d'édition d'image sont proposés, permettant à l'opérateur de combler des lacunes, de modifier les formes et axes dentaires, d'ajuster la ligne du sourire et la teinte des dents et bien plus encore. Il est souvent proposé de piocher dans des bibliothèques virtuelles, afin de sélectionner différentes formes et morphologies dentaires préconçues. Plusieurs propositions peuvent être présentées au patient, la modélisation du sourire est facilitée et la modification est rapide, tout est réversible et modulable (14,23).

Cette technologie est peu invasive, pouvoir prévisualiser le résultat final à partir d'au minimum une photographie et sans avoir à réaliser un geste en bouche est un avantage de taille (29).

Il est possible d'intégrer des reconstructions photo réalistes 3D du visage ou des scans faciaux 3D avec mouvement, telle que la conception du sourire puisse être vérifiée, non seulement à partir des perspectives conventionnelles, mais aussi dans un nombre infini de vues. Le résultat final est considéré comme hautement esthétique (18).

5.1.8. Un outil conforme aux attentes actuelles

Face aux attentes grandissantes des patients, le DSD permet de démontrer aux patients que notre cabinet est à la pointe de la technologie. Le praticien qu'ils consultent maîtrise les nouvelles pratiques et évolue avec son temps (25)

5.1.9. Avantages en prothèse et restauration

Le wax-up et le mock-up numérique :

L'étape du wax-up et par extension du mock-up est importante : en cas de succès, elle confortera le patient dans sa décision. Au contraire, si cette étape est mal réalisée ou que le résultat est différent de celui de la simulation, le patient sera insatisfait et l'équipe frustrée. Sans parler de la perte de temps et des dépenses économiques.

L'utilisation d'une méthode fiable est donc recommandée.

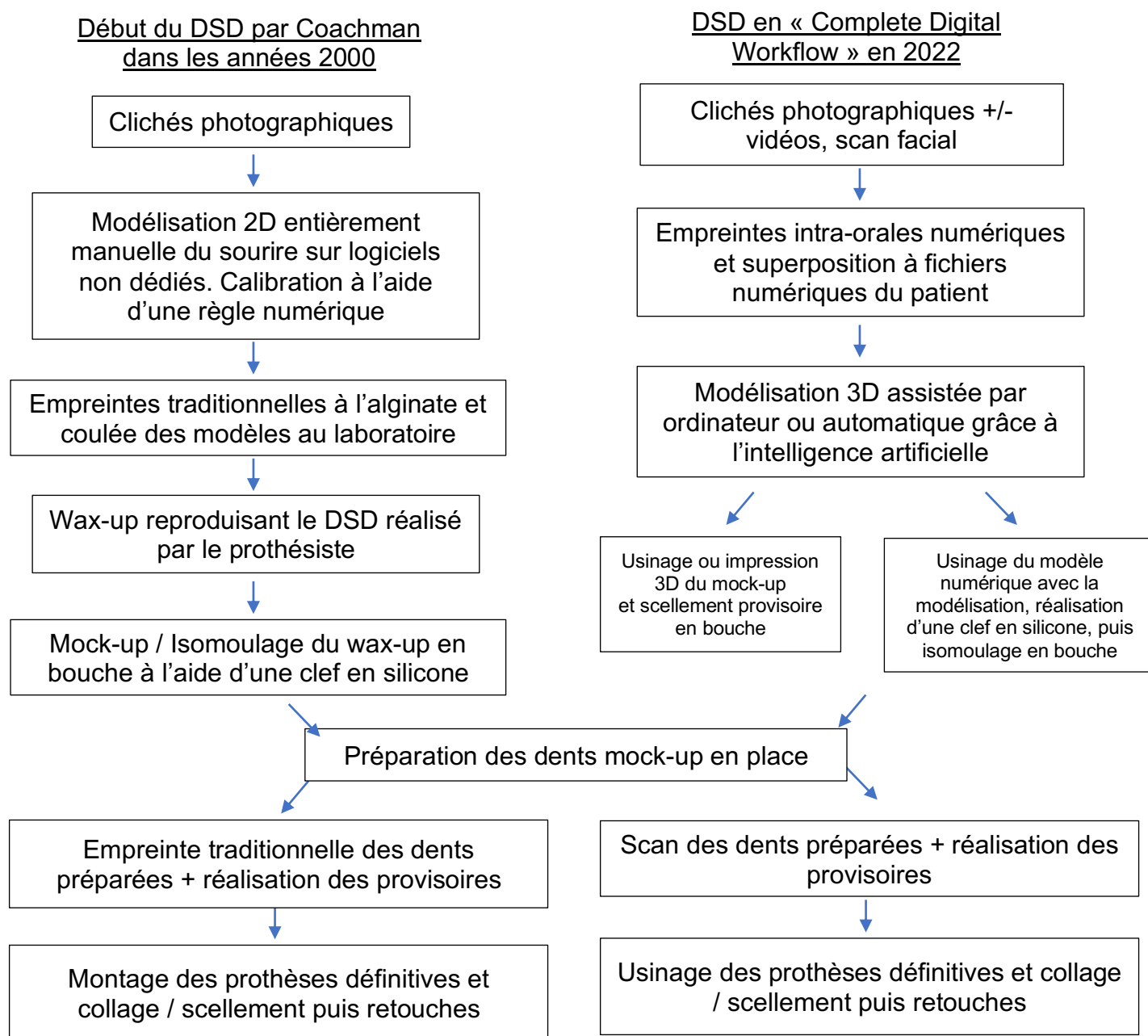


Figure 18 : Comparaison de la méthode traditionnelle de DSD VS DSD par flux de travail numérique

Une étude de Cattoni et al. menée en 2016 a évalué l'efficacité sur 28 patients d'une procédure de planification totalement numérique alliant DSD et mock-up usiné en polyméthacrylate de méthyle acrylique (PMMA). Cette technique permet de supprimer l'étape manuelle de wax-up par le prothésiste, dont la charge était jusqu'alors, de reproduire la simulation du sourire sur les modèles en plâtre.

L'étape d'isomoulage du wax-up en bouche par le dentiste est donc supprimée, diminuant ainsi le risque d'erreur opératoire. Le but de cette procédure est, en théorie, d'obtenir des résultats plus prédictibles et plus fiables par rapport à la simulation du sourire, comparé à la méthode traditionnelle.

Cette étude conclut qu'en utilisant un flux de travail numérique, le risque d'erreurs liée à l'opérateur est réduit, le transfert des données numériques de la planification 3D au laboratoire est plus simple, rapide et prévisible. Cette procédure réduirait le temps au fauteuil et en laboratoire, diminuerait les traumatismes liés à la manipulation des tissus mous et durs et pour finir améliorerait la précision ainsi que la reproductibilité du mock-up final. Cependant, compte tenu du peu de personnes incluses dans l'étude, ces résultats restent à confirmer (14).

Puis en 2019, Cattoni et al. ont tenté de comparer, en fiabilité, le mock-up traditionnel moulé à partir d'une matrice en silicone et le mock-up usiné. Cette étude rapporte que la méthode numérique avec les mock-up usinés serait plus fiable et permettrait une plus grande précision en matière d'ajustements et de correspondance. La méthode traditionnelle serait beaucoup plus dépendante de l'opérateur et augmenterait le risque d'erreur, notamment chez les praticiens débutants. Dans des mains inexpérimentées, la méthode du flux numérique total serait donc à favoriser (Fig.18) (30).

En 2020, Lo Giudice et al. ont comparé deux méthodes de flux de travail numériques, l'une utilisant un mock-up usiné (par retrait de matière) et l'autre un mock-up imprimé grâce à une imprimante 3D (par ajout de matière). D'après cette étude, les mock-up usinés auraient une moins bonne adaptation et plus d'écarts dimensionnels par rapport à la modélisation 3D comparés à la version imprimées (31). L'impression 3D a pour avantage d'utiliser moins de matériaux et de pouvoir produire plusieurs pièces en même temps comparée à l'usinage, rendant ce procédé abordable en diminuant les coûts et augmentant l'efficacité clinique. Plusieurs versions de DSD peuvent être imprimées simultanément pour donner au patient plus de liberté dans son choix final (Fig.19) (23).



Figure 19 : Différentes versions de mock-up imprimés par une imprimante 3D, pour une simulation de sourire (23)

Une autre étude réalisée également en 2020 par Ortensi et al. incluant 30 participants confirme ces résultats : les mock-up imprimés étaient globalement plus précis et mieux ajustés que ceux usinés, et présentaient moins de variations dimensionnelles (13).

Préparation dentaire guidée numériquement :

Une publication de Jing Gao et al. présente une méthode de préparation dentaire guidée numériquement à l'aide de gabarits imprimés par stéréolithographie en fonction d'un wax-up numérique de DSD (Fig.20). L'objectif de cette technique est le contrôle de la profondeur de réduction pendant la préparation de la dent, pour faciliter les opérations au fauteuil. Il faut cependant prévoir du temps pour la conception numérique du gabarit. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour valider ou non la fiabilité de cette méthode (32).

La stéréolithographie (SLA) est une technique permettant de concevoir des pièces par adjonction de matière depuis un fichier numérique, en utilisant des résines liquides photo-polymérisables devenant solides au contact de lumière ultraviolette (UV).

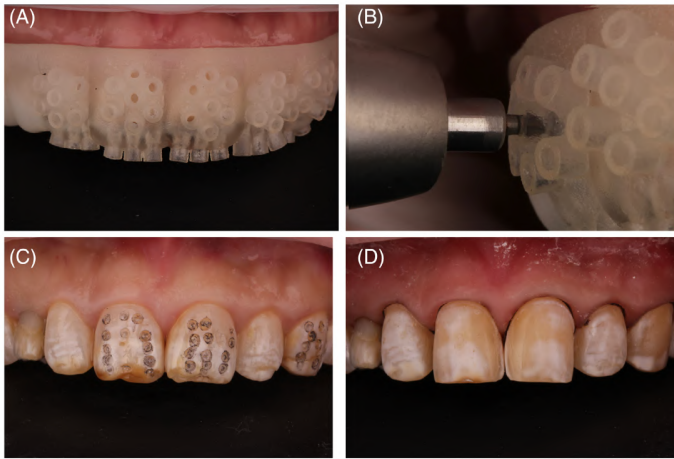


Figure 20. Guide de préparation dentaire. A, Gabarit placé en bouche. B, Fraisage avec une fraise calibrée avec un bouchon à 4 mm, à travers chaque tube de guidage jusqu'à ce que le bouchon touche le gabarit. C, Fond des trous repassé au crayon. D, régularisation de la surface dentaire (32).

5.1.10. Avantages en implantologie

En implantologie, la CFAO et le DSD sont très utiles lorsqu'une réhabilitation esthétique est envisagée : c'est un moyen de visualiser le futur arrangement dentaire avant que les extractions ne soient réalisées. Dans le cas de l'édentation totale, un scan préliminaire est réalisé et un DSD est conçu. Grâce à la superposition du DSD obtenu aux différents fichiers 3D (CBCT et scan facial), il est possible de réaliser un guide chirurgical implantaire pour positionner idéalement les implants en fonction de la simulation du sourire (Fig.21). En effet, les nouvelles technologies telles que les guides chirurgicaux produits numériquement et imprimés, permettent d'effectuer certaines thérapies de réadaptation avec plus de sécurité et de prévisibilité (26).

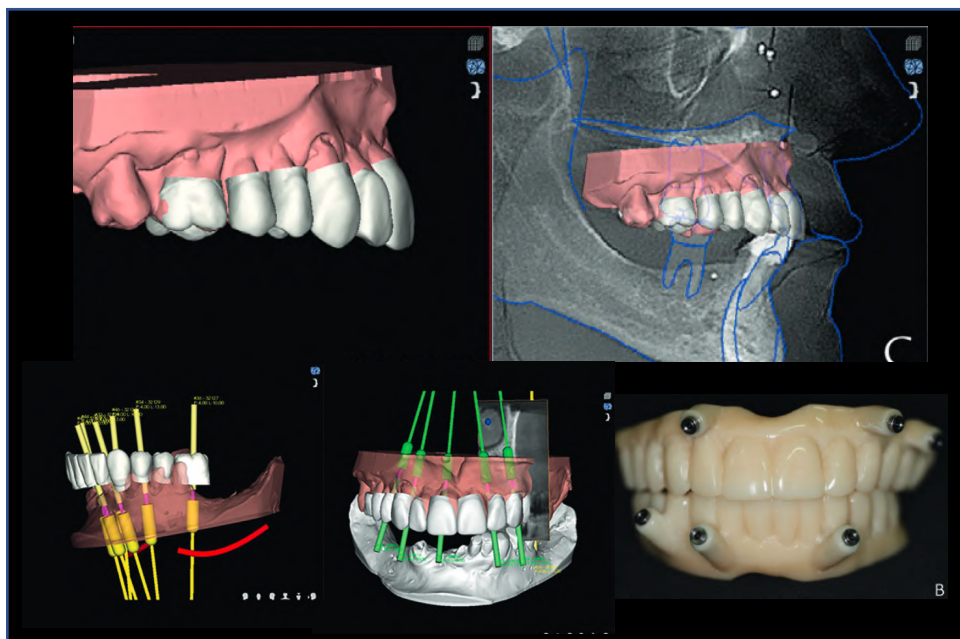


Figure 21. Guide chirurgical en implantologie et DSD (26)

5.1.11. Avantages en parodontologie

Grâce au DSD, nous pouvons anticiper certains traitements complémentaires comme l'augmentation de la hauteur de couronne clinique et autres chirurgies gingivales (23). À l'aide de l'impression 3D, il est possible de réaliser un guide chirurgical d'allongement de la couronne en fonction du DSD suggéré, pour produire un résultat plus prédictible et plus précis comparé à une technique conventionnelle à main levée et avec un temps opératoire plus court (Fig.22). En superposant un fichier radiologique 3D (CBCT) à la simulation, il est même possible de guider de façon plus fiable les résections osseuses lors de chirurgies parodontales (33).



Figure 22. Guide chirurgical en parodontologie et DSD (33)

5.1.12. Avantages en orthodontie

En orthodontie, le DSD permet d'identifier plus précocement les malpositions dentaires d'ordre orthodontique, qui pourraient s'opposer à la réalisation de la réhabilitation esthétique simulée. Cet outil est particulièrement intéressant, car il permet une analyse faciale approfondie et assistée par ordinateur, pour étudier les malpositions et dysmorphoses de chaque cas. En positionnant les lignes et repères faciaux, un examen plus ou moins automatisé peut être réalisé, pour simuler le positionnement et la forme dentaire idéale, en fonction de la morphologie du visage. Il est aussi possible d'anticiper les futurs mouvements dentaires et ainsi de contrôler le bon déroulement de ces mouvements en cours de traitement, pour évaluer les progrès et assurer une certaine prédictibilité du résultat (1,34).

Cependant, le DSD reste un complément, qui ne peut se substituer à un set-up orthodontique classique. En vue d'une réhabilitation esthétique, un traitement orthodontique pré prothétique est souvent indiqué : pour supprimer des rotations, aligner la hauteur gingivale, redistribuer l'espace, centrer chaque dent dans le volume prévu par la simulation de DSD, etc... (Fig. 23).

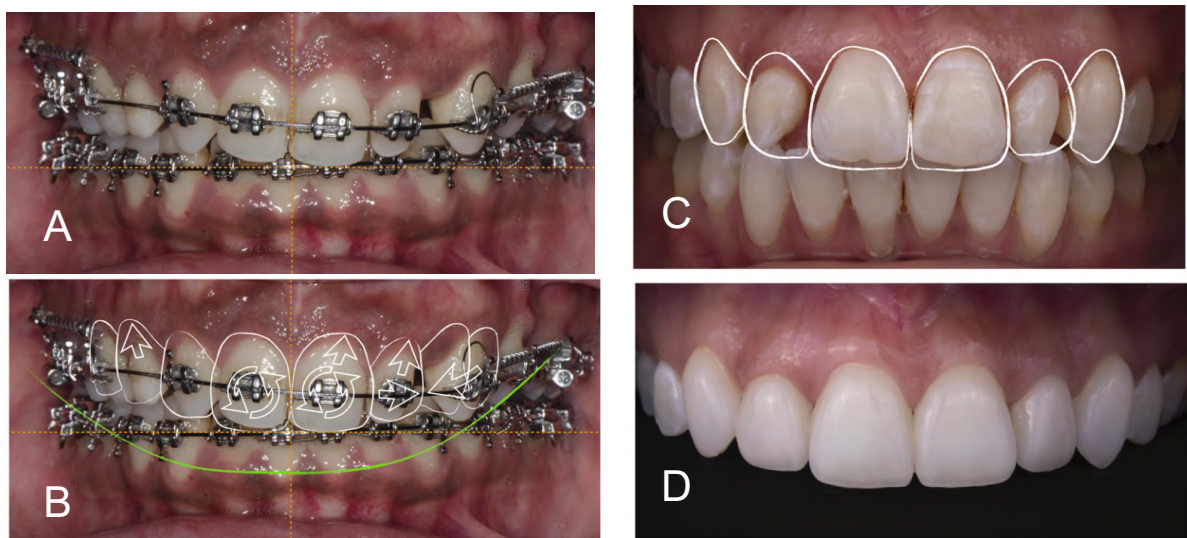


Figure 23. Exemple de traitement ayant associé orthodontie et DSD (34). A, Mise en place d'un système multi-attaches. B, Les forces sont appliquées pour déplacer les dents en fonction de la simulation. C, Résultat après dépose du système multi-attache. D : Résultat après traitement par facettes.

L'orthodontie étant une discipline à part entière, souvent déléguée par le chirurgien-dentiste omnipraticien, le DSD est d'autant plus intéressant qu'il permet, comme décrit précédemment (cf.5.1.1), une communication efficace et en temps réel entre professionnels, facilitant la coordination des phases entre elles notamment dans les cas complexes ou pluridisciplinaires (Fig.23-24) (1).

Très peu d'études de haut niveau de preuve, associant le DSD à l'orthodontie, ont été incluses dans cette revue, avec l'équation de recherche choisie. Certaines publications commencent néanmoins à aborder de possibles thérapies par gouttière transparentes ou aligneurs couplés au DSD et le développement de logiciels de modélisation du sourire dédié à l'orthodontie.

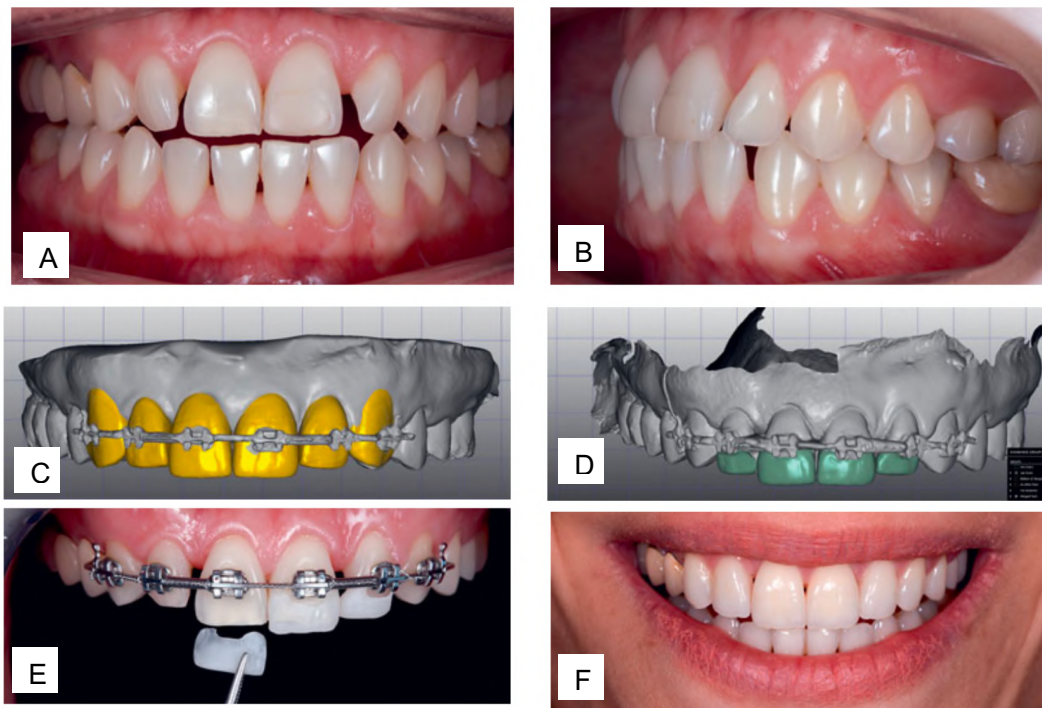


Figure 24. Exemple de traitement ayant associé orthodontie et DSD. A-B, Situation initiale. C-D, Simulation par DSD. E, Positionnement de facettes partielles en résine en accord avec le DSD. F : Résultat après traitement orthodontique et facettes céramiques (6).

5.2. Inconvénients

5.2.1. Un outil coûteux

Pour s'inscrire dans un flux de travail entièrement numérique et 3D, il est nécessaire d'investir dans du matériel particulièrement coûteux, tels que des scanners intra-oraux et éventuellement extra-oraux, usineuses ou encore imprimantes 3D (9,24), des partenariats peuvent être mis en place pour diminuer ces coûts.

L'utilisation des logiciels de DSD est souvent soumise à l'achat de licences payantes ou d'abonnements mensuels / annuels dont le coût n'est pas négligeable, et dont la mise à jour et le stockage des sauvegardes peuvent être payants (25,35).

Les logiciels libres ne sont souvent pas dédiés à l'usage dentaire, leur utilisation dans ce domaine n'est donc pas optimisée et il est nécessaire de se former par soi-même.

5.2.2. Une courbe d'apprentissage importante

Plus un logiciel sera sophistiqué, plus sa courbe d'apprentissage sera importante. Une formation basique est généralement proposée par le distributeur de l'équipement, mais toutes les fonctionnalités avancées ne sont souvent pas abordées. Il sera alors nécessaire de participer à des formations additionnelles, souvent payantes, pour maîtriser de façon plus complète son logiciel, d'autant plus que de nouvelles fonctionnalités sont ajoutées entre chaque mise à jour (25). Cette notion est importante puisque la rentabilité d'un flux de travail dépendra non seulement de la facilité d'utilisation du logiciel, mais également de la dextérité, des compétences, de la formation et de l'expérience du praticien.

5.2.3. Les limites physiques

5.2.3.1. Limites photographiques

Une photographie inexacte peut déformer la perspective et donc l'image de référence, rendant le diagnostic esthétique et la planification des soins incorrectes (9,22,34). De plus, avec la photographie, nous avons un nombre limité de points de vue, mais ce biais tendra à disparaître avec l'intégration des scans faciaux 3D.

5.2.3.2. Limites liées à l'usinage

L'usinage est une méthode très efficace et encore majoritairement utilisée pour produire des restaurations comparées à l'impression 3D mais cette technique présente certaines limites relatives, telles que des restrictions de couleur/teinte, un gaspillage de matériaux, l'impossibilité de créer des géométries situées en dessous du diamètre de la fraise et l'impossibilité de permettre la production simultanée de plusieurs pièces (23).

5.2.3.3. Limites liées à l'impression 3D

Bien que l'impression 3D soit relativement fiable et permette d'imprimer plusieurs pièces simultanément, les détails précis tels que les embrasures inter-incisives ou l'aspect de surface par exemple, doivent être corrigés manuellement par le prothésiste pour un rendu de qualité.

De plus, les imprimantes 3D sont contraintes de respecter certaines limites physiques, comme une épaisseur minimale de parois, ne permettant pas de réaliser de très fines couches. En cas de parois trop fines, les pièces peuvent se déformer ou se fissurer lors du processus. Cette contrainte donne donc un aspect très volumineux aux mock-up de DSD obtenus par cette technique.

L'utilisation de l'impression 3D étant un procédé relativement récent en odontologie, les matériaux dont le protocole d'utilisation a été vérifié et validé scientifiquement sont encore limités. De plus, les matériaux des mock-up précédemment présentés (cf 5.1.9.) ne sont pas assez stables biologiquement pour être laissés en bouche et servir de prothèses provisoires, le « Complete Digital Workflow » est alors rompu. Cependant, cette limite tend à disparaître grâce aux progrès technologiques et au perfectionnement constant des matériaux, avec pour prochain horizon l'impression 3D de pièces céramiques à usage dentaire.

Pour finir, l'acquisition d'une imprimante 3D représente un investissement financier considérable et la courbe d'apprentissage est importante, ainsi, la démocratisation de cette technologie se trouve limitée aux grosses structures ayant le temps et les moyens de s'équiper (23).

5.2.4. Manque de flux de travail standardisé, offre surabondante et incompatibilité des logiciels

Chaque logiciel propose son propre flux de travail et bien que leurs objectifs soient proches, les méthodes d'élaboration diffèrent souvent. Il serait difficile de mettre en place un flux de travail universel, puisque les logiciels sont développés par des distributeurs indépendants, dont l'objectif est de vendre le logiciel le plus attractif.

L'interopérabilité est un problème, surtout quand on s'intéresse au format d'exportation des fichiers 3D. Bien que le format des fichiers de numérisation universellement accepté soit la stéréolithographie (STL : langage de tessellation standard), certains scanners préféreront exporter leurs données sous d'autres formats, tels que OBJ. (Object 3D) ou PLY. (Polygone) qui permettraient d'obtenir des modèles plus précis et en couleur.

Le format STL génère des fichiers en échelle de gris, la limite entre les tissus dentaires et non dentaires est moins nette qu'avec des fichiers en couleur. L'incompatibilité des formats et des logiciels pose un problème, surtout quand plusieurs professionnels sont impliqués. La prédictibilité du résultat peut s'en retrouver affectée (22,25).

5.2.5. Accès aux partenaires numériques

Un autre défi rencontré est l'accès aux partenaires numériques. Le coût pour les petits laboratoires d'acquérir une technologie d'impression interne et un logiciel de conception numérique peut ne pas être économiquement réalisable. Le coût de la formation supplémentaire pour le prothésiste représente aussi un frein (25).

5.2.6. Un outil au rendu numérique parfois peu réaliste

Cette limite est à moduler selon le degré de sophistication des logiciels et appareils utilisés. De manière générale, plus un logiciel est simple d'utilisation, avec un protocole de réalisation simplifié ou réduit, plus le rendu de la simulation sera grossier et irréaliste, voire irréalisable. Le rendu numérique des simulations par DSD est souvent très opaque, ce qui tranche avec l'aspect naturel des dents, composées de couches en transparence.

Quand il n'est pas possible de réaliser un scan facial complet, certains logiciels projettent la photographie d'un visage 2D sur une forme 3D de visage standard. Les formes sont approximatives et le rendu est difficilement naturel. Le scan facial améliore l'intégration du DSD dans le visage, s'il est réalisé avec le matériel approprié, qui reste aujourd'hui très coûteux et volumineux (clOner, dOne 3D ; Face Hunter, Zirkonzahn) (Fig.25). Cependant, il est de nos jours possible de réaliser des scans faciaux de manière de plus en plus abordable, à l'aide de téléphones portables et tablettes équipées de la reconnaissance faciale dont la résolution ne cesse d'être améliorée (2,16).



Figure 25. Scan Facial obtenu grâce au scanner clOner, dOne 3D (18)

5.2.7. Inconvénients en prothèse et restauration

À l'arrivée du DSD dans les années 2000, le défi majeur était de reproduire un DSD 2D en wax-up 3D, manuellement en laboratoire, avec comme obstacle principal la distorsion de la perspective. L'occlusion n'était alors pas prise en compte. Aujourd'hui, avec les progrès technologiques et l'apparition de logiciels dédiés, de nombreux obstacles ont été abattus, mais, en l'absence de scan facial, beaucoup de logiciels de DSD travaillent encore à partir d'une ou plusieurs photographies 2D. Lorsqu'on superpose une photographie 2D avec des empreintes numériques 3D, le mode d'affichage reste unique, dans une seule vision de l'espace. La précision de la simulation s'en trouve limitée (16,36).

Beaucoup de logiciels ne prennent pas en charge la réalisation de prothèses provisoires à partir du DSD et ne s'intéressent qu'aux restaurations définitives. La solution est de faire imprimer le modèle de travail virtuel, DSD en place, et de réaliser une clef en silicone pour isomouler la simulation en bouche. Cette étape rompt avec le flux de travail entièrement numérique puisqu'elle implique une étape manuelle en bouche, pouvant être source d'erreur et altérant la reproductibilité de la simulation. De plus, faire imprimer les modèles est une procédure longue et coûteuse, qui demande donc un investissement supplémentaire (16).

La réalisation de mock-up n'est pas possible chez tous les patients car sa mise en place résulte du processus additif sur dents non préparées. Les patients présentant un chevauchement important, une suréruption ou des angulations anormales ne pourront pas en bénéficier en l'état. Chez les autres patients, la maquette étant additive, le résultat pourra paraître plus volumineux que sur la simulation (26).

Pour finir, l'analyse occlusale dynamique et les scans faciaux ou vidéos dynamiques 3D ne sont pas encore intégrés dans la plupart des systèmes et l'utilisation de logiciels tiers est nécessaire pour prendre en charge ces fonctionnalités.

5.2.8. Inconvénient en orthodontie

En orthodontie, l'utilisation de modélisations virtuelles 3D est bien plus avantageuse, car un simple système bidimensionnel (DSD 2D) pourrait empêcher l'évaluation de la proclination des dents, l'overjet, l'open bite, des malocclusions ou encore de la dimension antérieuro-postérieure (34).

Cependant, l'utilisation du DSD ne semblerait pas indispensable en routine, mais serait à réserver en tant que complément, aux cas les plus complexes et/ou pluridisciplinaires. En effet, le temps supplémentaire à consacrer à chaque cas serait trop important, d'autant plus qu'un simple set-up orthodontique suffit.

D'autres limites sont que le DSD ne s'intéresse qu'à la réhabilitation du secteur antérieur maxillaire, analyse peu les rapports inter-arcades notamment le surplomb et qu'il n'est pas possible de réaliser une simulation orthognatique (22). De plus, le DSD n'est pas sensible aux modifications du temps, il ne pourra donc pas être utilisé chez les adolescents ou plus jeunes enfants en période de croissance.

Il serait pertinent de développer un outil DSD spécifique aux cas d'orthodontie, car les logiciels de DSD actuels ne sont pas capables d'interpréter certains paramètres spécifiques à l'ODF tel que la classe d'angle par exemple.

6. Conclusion

Le Digital Smile Design est une technologie en pleine expansion, cette revue de la littérature fait un état des lieux en 2022 de son évolution. Il facilite la conception du sourire, en se tournant vers un flux de travail entièrement numérique, avec des procédures cliniques standardisées, presque automatisées et toujours plus fiables, rapides et reproductibles. Le résultat final est de moins en moins soumis à l'interprétation subjective des paramètres esthétiques par le clinicien, il prend forme indépendamment de ses compétences et de son expérience.

Le DSD renferme beaucoup d'avantages, c'est notamment un excellent outil de communication, de diagnostic et de planification. Même si cette technologie comporte aussi quelques inconvénients, ces derniers tendront à disparaître, avec sa démocratisation et les progrès technologiques, en abaissant les limites physiques et en diminuant les coûts.

À l'avenir, l'intelligence artificielle automatisera la plupart, sinon la totalité, des processus du DSD, avec des biomatériaux toujours plus perfectionnés, qui amélioreront encore le succès fonctionnel et esthétique à long terme des traitements. Nous assisterons à l'incorporation de concepts 4D, avec des simulations intégrant le mouvement du visage et les émotions. Cependant, compte tenu de la nature hautement dynamique de la dentisterie numérique, cette technologie sera sûrement affectée par une obsolescence rapide peu compatible avec une dynamique de maîtrise des coûts et des impacts environnementaux.

7. Bibliographie

1. Charavet C, Bernard JC, Gaillard C, Le Gall M. Benefits of Digital Smile Design (DSD) in the conception of a complex orthodontic treatment plan: A case report-proof of concept. *Int Orthod.* sept 2019;17(3):573-9.
2. Touati R, Richert R, Millet C, Farges JC, Sailer I, Ducret M. Comparison of Two Innovative Strategies Using Augmented Reality for Communication in Aesthetic Dentistry: A Pilot Study. *J Healthc Eng.* 2019;2019:7019046.
3. Coachman C, Yoshinaga L, Calamita M, Sesma N. The Digital Smile Design Concept. *The Technologist.* 2014;35.
4. Coachman C, Calamita MA, Sesma N. FROM 2D TO 3D – COMPLETE DIGITAL WORKFLOW IN INTERDISCIPLINARY DENTISTRY. *J Cosmet Dent.* 2016;32(1):62-74.
5. Zotti F, Pappalardo D, Capocasale G, Sboarina A, Bertossi D, Albanese M. Aesthetic Dentistry, How You Say and How You See: A 500-People Survey on Digital Preview and Color Perception. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2020;12:377-89.
6. Gürel G, Paolucci B, Iliev G, Filtchev D, Schayder A. The fifth dimension in esthetic dentistry. *Int J Esthet Dent.* 2021;16(1):10-32.
7. Levine J, CO JS&. *Dentisterie esthétique : le sourire.* Elsevier Health Sciences; 2017. 315 p.
8. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of Aesthetic Dentistry. *J Dent Res.* nov 2019;98(12):1294-304.
9. Jafri Z, Ahmad N, Sawai M, Sultan N, Bhardwaj A. Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. *J Oral Biol Craniofacial Res.* juin 2020;10(2):194-8.
10. Coachman C, Calamita M. Digital Smile Design: A Tool for Treatment Planning and Communication in Esthetic Dentistry. *Quintessence Dent Technol.* 2012;(35):103-11.
11. Coachman C. Smile Design Evolution [Internet]. DSD. 2017. Disponible sur: <https://media.digitalsmiledesign.com/christian-coachman-thoughts/smile-design-evolution>
12. Coachman C, Sesma N, Blatz MB. The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry. *Int J Esthet Dent.* 2021;16(1):34-49.
13. Ortensi L, Lo Castro E, Rapisarda E, Pedullà E. Accuracy of trial restorations from virtual planning: A comparison of two fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 11 déc 2020;S0022-3913(20)30624-7.
14. Cattoni F, Mastrangelo F, Gherlone EF, Gastaldi G. A New Total Digital Smile Planning Technique (3D-DSP) to Fabricate CAD-CAM Mockups for Esthetic Crowns and Veneers. *Int J Dent.* 2016;2016:6282587.
15. Coachman C, Calamita MA, Sesma N. Dynamic Documentation of the Smile and the 2D/3D Digital Smile Design Process. *Int J Periodontics Restorative Dent.* avr 2017;37(2):183-93.
16. Coachman C, Georg R, Bohner L, Rigo LC, Sesma N. Chairside 3D digital design and trial restoration workflow. *J Prosthet Dent.* nov 2020;124(5):514-20.
17. Daher R, Ardu S, Vjero O, Krejci I. 3D Digital Smile Design With a Mobile Phone and Intraoral Optical Scanner. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. juin 2018;39(6):e5-8.
18. Jreige CS, Kimura RN, Segundo ÂRTC, Coachman C, Sesma N. Esthetic treatment planning with digital animation of the smile dynamics: A technique to create a 4-dimensional virtual patient. *J Prosthet Dent.* 9 févr 2021;S0022-3913(20)30600-4.
19. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* 1 janv 2015;4:1.
20. Mahood Q, Van Eerd D, Irvin E. Searching for grey literature for systematic reviews: challenges and benefits. *Res Synth Methods.* sept 2014;5(3):221-34.

21. Cervino G, Fiorillo L, Arzukanyan AV, Spagnuolo G, Cicciù M. Dental Restorative Digital Workflow: Digital Smile Design from Aesthetic to Function. *Dent J*. 28 mars 2019;7(2):E30.
22. Lv L, He W, Ye H, Cheung K, Tang L, Wang S, et al. Interdisciplinary 3D digital treatment simulation before complex esthetic rehabilitation of orthodontic, orthognathic and prosthetic treatment: workflow establishment and primary evaluation. *BMC Oral Health*. 11 févr 2022;22(1):34.
23. Sancho-Puchades M, Fehmer V, Hämmerle C, Sailer I. Advanced smile diagnostics using CAD/CAM mock-ups. *Int J Esthet Dent*. 2015;10(3):374-91.
24. Garcia PP, da Costa RG, Calgaro M, Ritter AV, Correr GM, da Cunha LF, et al. Digital smile design and mock-up technique for esthetic treatment planning with porcelain laminate veneers. *J Conserv Dent JCD*. août 2018;21(4):455-8.
25. Fung L, Brisebois P. Implementing Digital Dentistry into Your Esthetic Dental Practice. *Dent Clin North Am*. oct 2020;64(4):645-57.
26. 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*. mai 2017;117(5):577-86.
27. Coachman C, Paravina RD. Digitally Enhanced Esthetic Dentistry - From Treatment Planning to Quality Control. *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al*. mars 2016;28 Suppl 1:S3-4.
28. Marchand L, Touati R, Fehmer V, Ducret M, Sailer I. Latest advances in augmented reality technology and its integration into the digital workflow. *Int J Comput Dent*. 2020;23(4):397-408.
29. Lavorgna L, Cervino G, Fiorillo L, Di Leo G, Troiano G, Ortensi M, et al. Reliability of a Virtual Prosthodontic Project Realized through a 2D and 3D Photographic Acquisition: An Experimental Study on the Accuracy of Different Digital Systems. *Int J Environ Res Public Health*. 16 déc 2019;16(24):E5139.
30. Cattoni F, Teté G, Calloni AM, Manazza F, Gastaldi G, Cappare P. Milled versus moulded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: a comparative in vitro study in the aesthetic area. *BMC Oral Health*. 29 oct 2019;19(1):230.
31. Lo Giudice A, Ortensi L, Farronato M, Lucchese A, Lo Castro E, Isola G. The step further smile virtual planning: milled versus prototyped mock-ups for the evaluation of the designed smile characteristics. *BMC Oral Health*. 5 juin 2020;20(1):165.
32. Gao J, Li J, Liu C, Fan L, Yu J, Yu H. A stereolithographic template for computer-assisted teeth preparation in dental esthetic ceramic veneer treatment. *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al*. déc 2020;32(8):763-9.
33. Alazmi SO. Three Dimensional Digitally Designed Surgical Guides in Esthetic Crown Lengthening: A Clinical Case Report with 12 Months Follow Up. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2022;14:55-9.
34. Whiteman YY. A Communication Guide for Orthodontic-Restorative Collaborations: Digital Smile Design Outline Tool. *Dent Clin North Am*. oct 2020;64(4):719-30.
35. Omar D, Duarte C. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. *Saudi Dent J*. janv 2018;30(1):7-12.
36. Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent*. 2015;18(4):303-17.

8. TABLE DES ANNEXES

ANNEXE I :

Titre article	Auteur	Source - Année	Résumé	Avantages	Inconvénient
3D Digital Smile Design With a Mobile Phone and Intraoral Optical Scanner	René Daher, Stefano Ardu, Osela Vjero, Ivo Krejci	Compendium of continuing education in dentistry – 2018 Jun; 39(6):e5-e8.	“The purpose of this article is to explain a simple and accessible workflow that avails digital 3- dimensional (3D) facial scanning benefits to general practitioners with a mobile phone face scanner and intraoral scanner”	Traitements de qualité et simplification des procédures. Proposer plusieurs types de sourire résultat. Résultat simple, rapide et rentable.	Peu précis / grossier Adressé plutôt aux dentistes “généralistes”.
A Communication Guide for Orthodontic-Restorative Collaborations : Digital Smile Design Outline Tool	Yair Y Whiteman	Dental Clinics of North America – 2020 Oct ; 64(4):719-730	“This article discusses a workflow that can streamline the team’s ability to establish treatment strategies between the orthodontist and the restoring dentist”	Outil de planification efficace. Communiquer leurs objectifs Evaluer les progrès	Empêcher l'évaluation de certains paramètres ODF Limites photographiques
A New Total Digital Smile Planning Technique (3D-DSP) to Fabricate CAD-CAM Mockups for Esthetic Crowns and Veneers	F. Cattoni, F.Mastrangelo, E.F.Gherlone, and G. Gastaldi	International Journal of Dentistry 2016; Vol(2016)	“The aim of this study is to evaluate a new 3D-CAD-CAM fully digital planning technique to fabricate CAD/CAM mockups for anterior veneers.”	Supprime erreurs liées à l'isomoulage . Transferts de données plus simples, plus rapides et plus prévisibles. Réduit le temps opératoire, augmente la prévisibilité, réduit les traumatismes causés par la manipulation de tissus dentaires et améliore la précision et la reproductibilité.	Peu de patients pris en compte dans cette étude (résultats à confirmer).
A stereolithographic template for computer-assisted teeth preparation in dental esthetic ceramic veneer treatment	Jing Gao, Junying Li , Chunxu Liu, Lin Fan, Jiayi Yu, Haiyang Yu	Journal of esthetic and restorative dentistry - 2020 Dec; 32(8):763-769	“This article describes a digital dental esthetic ceramic veneer treatment workflow using a stereolithographic template for teeth preparation”	Contrôle de la profondeur de réduction pendant la préparation de la dent. Simplicité de l'opération au fauteuil.	Plus d'efforts dans la phase de conception numérique en laboratoire

Accuracy of trial restorations from virtual planning: A comparison of two fabrication techniques	Luca Ortensi, Erica Lo Castro, Ernesto Rapisarda, Eugenio Pedullà	The Journal of Prosthetic dentistry - 2020	"The purpose of this clinical study was to compare the production of trial restorations with 2 different technologies: stereolithography apparatus (SLA 3D) and computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD-CAM)."	Réduit les erreurs généralement associées aux étapes manuelles et améliore la précision de la procédure prothétique. Prévisualisation du résultat final	Une seule imprimante 3D et fraiseuse prise en compte Logiciel pour impression 3D encore peu précis
Advanced smile diagnostics using CAD/CAM mock-ups	Manuel Sancho-Puchades, Vincent Fehmer, Christoph Hämmerle, Irena Sailer	International Journal of Dentistry Autumn 2015; 10(3):374-91.	"The aim of this article is to illustrate the benefits a CAD/CAM workflow provides to the diagnostic processes during a comprehensive restorative treatment. A computer-assisted diagnostic treatment sequence will be described in detail."	Prévoir le résultat final = identifier précocement les traitements complémentaires spécifiques. Le temps de travail réduit. Intégration des reconstructions photoréalistes 3D du visage. Plusieurs versions sont proposées	Technique additive uniquement. Investissement économique important. Difficulté à obtenir détail précis. Peu de matériaux disponibles pour l'impression 3D
Aesthetic Dentistry, How You Say and How You See: A 500-People Survey on Digital Preview and Color Perception	Francesca Zotti, Davide Pappalard, G. Capocasale, Andrea Sboarina, Dario Bertossi,	Clinical cosmetic and investigation of dentistry - 2020 Sep	"The aims of this survey were to investigate the most preferred way to preview the result of an aesthetic dental rehabilitation among a population of dental professionals and laypeople and to compare aesthetic."	Communication efficace du dentiste au patients et prothésistes dentaires, en minimisant les erreurs et les malentendus qui peuvent affecter le résultat final.	Rendu numérique s'écarte de l'aspect naturel des restaurations
Benefits of Digital Smile Design (DSD) in the conception of a complex orthodontic treatment plan: A case report-proof of concept	Carole Charavet, Jean-C Bernard, Cyril Gaillard, Michel Le Gall	International Orthodontics 2019	"The use of DSD in an orthodontic treatment plan is still fairly uncommon. This present proof of concept evaluates the preliminary findings of the interest of the DSD protocol in the planning of orthodontic treatment and evaluates the possibility of using this new tool to achieve perfect orthodontic outcomes."	La forme et les lignes du système DSD semblent être un guide pertinent pour l'orthodontiste. Améliore la communication entre l'équipe dentaire et avec le patient. Un rdv suffit, facile à utiliser.	La dynamique entre le visage, les lèvres et les dents ne peut pas être étudiée. Utilisation du DSD en pratique courante non pertinente. DSD n'est pas en mesure d'enregistrer certains paramètres orthodontiques pertinents.
Chairside 3D digital design and trial restoration workflow	C. Coachman, R.Georg, Lauren Bohner, Lindiane Coco Rigo, and Newton Sesma	The Journal of Prosthetic dentistry - 2020	"This article presents a new 3D digital smile design app for esthetic planning, smile simulation, chairside 3D virtual wax pattern, and trial restoration performed with portable devices."	Améliore communication Possibilité d'enregistrer des vidéos. Numérisation faciale à l'aide de la reconnaissance faciale	Intégration du scan 3D dans la photo 2D limité à un mode d'affichage unique. Pas de prise en charge des provisoires. Technique additive.
Comparison of Two Innovative Strategies Using Augmented Reality for Communication in Aesthetic Dentistry: A Pilot Study	Romane Touati, Raphael Richert, Catherine Millet, Jean-Christophe Farges, Irena Sailer, and Maxime Ducret	Journal of Healthcare Engineering Volume 2019	"The aim of the present pilot study was to compare two innovative strategies that used augmented reality for communication in dentistry. These strategies enable the user to instantly try a virtual smile proposition by taking a set of pictures from different points of view or by using the iPad as an enhanced mirror"	Patients prennent part au résultat esthétique final. Réduire le temps et les erreurs lors du partage d'informations entre les patients, les praticiens et les laboratoires	Fonctionnalités complexes à intégrer qui nécessitent beaucoup de temps, d'énergie et de coût. Ne s'intéresse qu'aux dents maxillaires antérieures. Courbe apprentissage importante.

Dental Restorative Digital Workflow: Digital Smile Design from Aesthetic to Function	Gabriele Cervino L. Fiorillo, Alina Vladimirovna , G. Spagnuolo and Marco Cicciù	Dentistry journal 2019 Mar 28;7(2):30	"In this study, we want to create the first collection of articles on the use of digital techniques and software. The aim is to collect all of the results regarding the use of this software, and to highlight the fields of use."	Excellente communication. Outils qui améliorent diagnostic esthétique. Meilleure planification des soins.	
Dentisterie esthétique : le sourire. .	Levine, J SCOTT, J.	Elsevier Health Sciences 2017	Ce livre, ouvrage de référence sur le « sourire », permet au praticien d'élargir ses compétences en diagnostic et en techniques esthétiques.		
Digital Smile Design: A Tool for Treatment Planning and Communication in Esthetic Dentistry	Christian Coachman Marcelo Calamita	QDT 2012 ; 35: 1-9	"Definition and protocol of a new concept : the Digital Smile Design"	Planification plus efficace. Traitement plus cohérent et plus simple, plus prévisible. Améliore la communication entre professionnels et avec le patient. Outil marketing et pédagogique.	
Digital smile design and mock-up technique for esthetic treatment planning with porcelain laminate veneers	Paula Pontes Garcia, Rogério Goulart da Costa, Murilo Calgaro, André Vicente Ritter	Journal of conservative dentistry Jul-Aug 2018;21(4): 455-458	"This case report of a maxillary anterior rehabilitation demonstrates esthetic planning with the digital smile design (DSD) system and a direct mock-up technique."	Améliore prévisibilité et efficacité de l'exécution des traitements : identification plus précoce des traitements supplémentaires	Une photographie inadéquate peut déformer l'image de référence et entraîner un diagnostic et une planification incorrecte Prix élevé de l'équipement
Digital Smile Design- An innovative tool in aesthetic dentistry	Zeba Jafria,Nafis Ahmadb, Madhuri Sawaia, Nishat Sultana, Ashu Bhardwaja	Journal of Oral Biology and Craniofacial Research 2020;10(2):1 94-198	"This article reviews the aspects of digital smile designing in aesthetic dental practice pertaining to its use, advantages, limitations and future prospects."	Motivation et éducation patient. Améliore prévisibilité. Améliore communication entre professionnels et avec le patient. Améliore le diagnostic.	Mauvaise photo peut déformer l'image Économiquement coûteux Nécessité de formation continue.
Digitally Enhanced Esthetic Dentistry - From Treatment Planning to Quality Control	Christian Coachman, Rade D Paravina	The international journal of esthetic dentistry 2016 Mar;28 Suppl 1:S3-4.	"Digital technology is becoming a multi-use conceptual tool for dental treatment planning to strengthen diagnostics, improve communication/education, and enhance predictability of treatments."	L'analyse dentofaciale dynamique, qui offre les avantages de l'analyse du sourire en mouvement pour une meilleure intégration de la conception du sourire, des décisions de planification du traitement et de la communication avec le patient.	

Dynamic Documentation of the Smile and the 2D/3D Digital Smile Design Process	Christian Coachman, Marcelo Alexandre Calamita, Newton Sesma	The international journal of periodontics & restorative dentistry 2017;37(2):1 83-193	"This article describes a documentation protocol using smartphone videos to improve the analysis, smile design decisions, and elaboration of a 2D smile frame that will guide the 3D digital smile design project."	La vidéo permet de capturer plusieurs angles de vue comparée à la simple photo. Simplifie la documentation, améliore la conception du sourire, l'analyse faciale, la planification du traitement, la communication d'équipe et l'éducation des patients.	Prix du matériel élevé.
Esthetic treatment planning with digital animation of the smile dynamics: A technique to create a 4-dimensional virtual patient	C. Sales Jreige, R. Nisioka Kimura, A. R. Toste Coelho Segundo, Coachman, Newton Sesma	The Journal of Prosthetic dentistry - 2021 Feb 9;S0022-3913(20)306 00-4	"A method is presented for obtaining a virtual 4-dimensional patient that replicates the intended esthetic treatment. The process involves facial and intraoral scanning to acquire records and software manipulation to enable a virtual waxing of the smile."	Améliore prévisibilité et communication. Offrent une efficacité, une précision et une reproduction potentielle du flux de travail, qui sont des avantages importants pour l'obtention et l'analyse des dossiers des patients.	Modèle 3D sont statiques : pas d'animation du sourire. Coût de l'équipement élevé. Courbe d'apprentissage importante.
Evolution of Aesthetic Dentistry	M B Blatz, G Chiche, O Bahat, R Roblee, C Coachman, H O Heymann	Journal of Dental Research 2019, Vol. 98(12) 1294–1304	"This article gives an overview of the evolution of aesthetic dentistry over the past 100 y from a historical point of view and highlights advances in the development of dental research."	Introduction des fichiers radio 3D dans les simulations. Esthétique personnalisé.	Léger écart entre simulation et résultat final inévitable.
Facially generated and cephalometric guided 3D digital design for complete mouth implant rehabilitation: A clinical report	Christian Coachman, Marcelo Calamita, F. Coachman, R. Coachman, Newton Sesma	The Journal of Prosthetic dentistry - 2017 May; 117(5):577-586	"This clinical report describes a facial approach to planning computer-guided surgery and immediate computer-aided designed and computer-aided manufactured (CAD-CAM) interim complete-arch fixed dental prostheses on immediately placed dental implants with a digital workflow."	Réduit nombre de rdv. Guide chirurgie avec plus de sécurité et de précision. Permet de visualiser le futur arrangement dentaire avant même les avulsions. Accès mondial à ce service.	Coûteux, mais peut être minimisé par partenariats de laboratoires. Images restent statiques.
From 2d to 3d – complete digital workflow in interdisciplinary dentistry	Christian Coachman, Marcelo Calamita, Newton Sesma	Spring 2016 Volume 32 Number 1	"This article discusses novel ways to integrate patient data into a digital workflow in interdisciplinary dentistry. A complete digital workflow that increases the predictability of the clinical procedures and relates the initial project to the final outcome is presented."	Le flux de travail numérique très efficace en termes de coût/temps et montre une acceptation élevée par les patients.	
Implementing Digital Dentistry into Your Esthetic Dental Practice	Lawrence Fung, Phil Brisebois	Dental clinics of North America 2020 Oct;64(4):645 -657	"Herein, the authors discuss digital technology in dentistry, its advantages, shortcomings, and its potential to elevate how to practice contemporary dentistry with a vision to the future."	Rationalise processus qui serait fastidieux par voie analogique. Base de données en ligne accessible à tout moment. Cabinet à la pointe de la technologie. Efficacité accrue du flux de travail.	Coûts encore élevés du matériel et de la formation.

Interdisciplinary 3D digital treatment simulation before complex esthetic rehabilitation of orthodontic, orthognathic and prosthetic treatment	Longwei Lv, Wei He, Hongqiang Ye, Kwantong Cheung, Lin Tang, Shimin Wang, Lang You, Chunlei Xun	BMC oral Health 2022 Feb 11;22(1):34	"This research aims to establish a 3D digital workflow of interdisciplinary treatment simulation to solve this problem."	Utilité pluridisciplinaire. Une simulation 3D par DSD a été jugée plus satisfaisante comparée à une DSD 2D + wax up : meilleure compréhension et meilleure observance. Traitement plus prédictif. Améliorer communication entre les professionnels.	DSD ne s'utilise pas pour simuler chirurgie orthognatique. En ODF, DSD ne peut pas être utilisé en dentition complète car ne s'intéresse qu'au bloc antérieur maxillaire. Limite de la photographie 2D. Incompatibilité entre logiciels. Flux numérique peut être chronophage et demande de l'expérience.
Latest advances in augmented reality technology and its integration into the digital workflow	Laurent Marchand, Romane Touati, Vincent Fehmer, Maxime Ducret, Irena Sailer	International Journal of Computerized Dentistry 2020;23(4)	"The workflow described in this article links AR with CAD/CAM technology and is expected to be time and cost efficient. This patient-centered approach involves the patient from the very beginning and is therefore an excellent communication tool between the patient and the restorative team."	Montre utilité de la réalité augmentée pour la pré-visualisation du résultat final. Augmente l'acceptabilité du traitement Possibilité d'exportations multiples.	Protocoles encore très techniques, chronophages et coûteux. Plusieurs logiciels n'offrent pas la possibilité d'intégrer un scan facial. Tissus mous difficilement modélisables.
Milled versus moulded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: a comparative in vitro study in the aesthetic area	Francesca Cattoni, Giulia Teté, Alessandro Mauro Calloni, Fabio Manazza, Giorgio Gastaldi, Paolo Capparè	BMC Oral Health 2019 Oct 29;19(1)	"The aim of this study is to evaluate the traditional mock-up production method, which involves mock-up molding with a silicone matrix of the wax-up, compared to an exclusively digital workflow, which consists of mock-up milling from a CAD design, based on a digital optic impression."	Flux de travail numérique serait préférable dans des mains inexpérimentées. Améliore la collaboration et la communication entre les praticiens : améliore la prise de décision et diminue finalement la quantité d'ajustement intra-oraux.	
Reliability of a Virtual Prosthodontic Project Realized through a 2D and 3D Photographic Acquisition: An Experimental Study on the Accuracy of Different Digital Systems	Luca Lavorgna, Gabriele Cervino, Luca Fiorillo, Giovanni Di Leo, Giuseppe Troiano	Inter. Journal of Environmental Research and Public Health 2019 Dec 16;16(24):5139	"The study aims to assess the accuracy of digital planning in dentistry, evaluating the characteristics of different intraoral 3D scanners and comparing it with traditional imaging 2D recording methods."	Diminue les erreurs d'opérateur. Les techniques 2D sont plus simples et rapides par rapport aux techniques 3D.	
Smile Design Evolution	C. Coachman	https://media.digitalsmiledesign.com/christian-coachman-thoughts/smile-design-evolution 10/02/2017	"Outlining the transformation and evolution of digital smile design over different generations."	Définition des différentes générations de DSD. Obtenir un résultat le plus naturel possible. Intérêt de l'analyse dynamique par vidéographie.	

The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature	Doya Omar, Carolina Duarte	Saudi Dental Journal (2018) 30, 7–12	“Several computer software programs have been developed for digital smile design (DSD) to assist clinicians in this process. This article compares DSD programs commonly used in cosmetic dentistry and their ability to assess esthetic parameters.”	Bonne analyse des paramètres esthétiques faciaux, dento-gingivaux et dentaires.	Capacité à mesurer, superposer et modifier les DSD est limitée par la capacité de l'utilisateur à manipuler les fonctions du logiciel. Problèmes d'étalonnage de certains logiciels. Nécessité de formation.
The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry	Christian Coachman Newton Sesma Markus B. Blatz	The International Journal of Esthetic Dentistry 2021;16(1):34-49	“The purpose of this article is to present the concepts involved in the six key steps that comprise a complete digital dental concept and workflow”	Numérisation du patient améliore visualisation, l'évaluation et le diagnostic. Pas besoin du patient pour travailler. Intégration d'un scanner 3D. Intelligence artificielle facilite superposition des fichiers.	Les différents outils numériques sont toutefois limités, voire inutiles, s'ils ne sont pas intégrés dans un concept et un flux de travail numériques complets et exhaustifs.
The digital smile design concept	Christian Coachman Livio Yoshinaga Marcelo Calamita Newton Sesma	The Technologis t 2014	“Digital Smile Design is a multi-use conceptual dental treatment planning tool that is used in interdisciplinary esthetic dentistry to strengthen diagnostic vision, improve communication/education and enhance predictability throughout the course of the treatment.”	Améliorer le processus de conception du sourire. Communication interdisciplinaire facilitée. Augmenter la valeur perçue du traitement dentaire et l'acceptation du cas. Générer des procédures cliniques efficaces et prévisibles. Rendre le résultat final plus proche du projet initial.	
The fifth dimension in esthetic dentistry	Galip Gürel, Braulio Paolucci, Georgi Iliev, Dimitar Filtchev, Adriano Schayder	The Int. Journal of Esthetic Dentistry 2021;16(1):10-32.	“The aim of this article is to reflect the results of our research of the past 13 years evaluating the new smile designs on which our team has been working.”	Présentation d'un logiciel qui va jusqu'à adapter modélisation du sourire en fonction de la personnalité du patient, c'est le Visagisme. Augmente acceptabilité du traitement.	Absence de méthode objective pour évaluer personnalité d'un patient.
The step further smile virtual planning: milled versus prototyped mock-ups for the evaluation of the designed smile characteristics	Antonino Lo Giudice, Luca Ortensi, Marco Farronato, Alessandra Lucchese, Erica Lo Castro, Gaetano Isola	BMC Oral Health 2020 Jun 5;20(1):165	“The aim of the present study was to compare the trueness of these two full-digital work-flow for the realization of mock-up for maxillary anterior region. To perform this evaluation, we referred to a specific 3D technology involving digital measurements and the use of surface-to surface matching technique of the two scanned mock-ups.”	Les maquettes esthétiques usinées sont beaucoup plus homogènes que celles obtenues avec une procédure manuelle. Impression 3D utilise moins de matériaux. Moins de changement dimensionnel des maquettes imprimées comparées à celles usinées.	Légère augmentation dimensionnelle avec les deux méthodes. Ces méthodes sont recommandées lors qu'un ajout important de matière est nécessaire.

Three Dimensional Digitally Designed Surgical Guides in Esthetic Crown Lengthening: A Clinical Case Report with 12 Months Follow Up	Saad Obaid Alazmi	Clinical Cosmetic Investigating Dent 2022 Feb 3;14:55-59.	"The aim of the presented case is to demonstrate the advantages of 3D digitally-designed surgical guides in periodontal surgery."	Possibilité de réaliser un guide chirurgical pour un allongement de la couronne clinique à partir d'une simulation par DSD. Temps opératoire plus court, avec moins de morbidité et un résultat plus précis que par la voie conventionnelle. Guide les résections osseuses et gingivales	Matériel coûteux Nécessite technicien de laboratoires qualifié. La planification peut prendre plus de temps comparé à la technique traditionnelle.
Virtual smile design systems: a current review	Moritz Zimmermann, Albert Mehl	International Journal of Computerized Dentistry 2015;18(4): 303-17.	"The smile design concept and the esthetic analyses required for it are described in this article."	Outils puissants de communication avec le patient.	Défi est de convertir photographies 2D en images 3D. Logiciels existant trop peu connectés entre eux. Technique statique.

9. TABLE DES FIGURES

- Figure 1. Analyse macro-esthétique, vue frontale.**
- Figure 2. Analyse macro-esthétique, angle naso-labial et plan de Ricketts.**
- Figure 3. Analyse micro-esthétique, vue frontale.**
- Figure 4. DSD réalisé sur Rebel et réhabilitation du sourire par facettes.**
- Figure 5. DSD 2D par Coachman.**
- Figure 6 : Les différents type de CFAO en prothèse fixée**
- Figure 7. Modélisation du sourire à l'aide de l'outil IvoSmile pour IOS**
- Figure 8. Réalisation d'un mockup avec modèle imprimé et d'une clef en silicone.**
- Figure 9. Modélisation du sourire dans un Complete Digital Workflow 3D.**
- Figure 10 : Arborescence Mesh de « Computer-Aided Design ».**
- Figure 11 : Recherche avancée sur Cochrane Library.**
- Figure 12 : Diagramme de Flux PRISMA.**
- Figure 13 : Résumé du tableau de synthèse avec pour chaque item le nombre d'article dans lequel il est cité.**
- Figure 14. Simulation numérique d'un sourire en 2D et 3D.**
- Figure 15 : Superposition de plusieurs fichiers numériques pour faciliter le diagnostic esthétique et la modélisation du sourire.**
- Figure 16 : Patientte utilisant la RA pour évaluer le DSD créé avec IvoSmile.**
- Figure 17. Modélisation du sourire dans DSDApp 3D.**
- Figure 18 : Comparaison de la méthode traditionnelle de DSD VS DSD par flux de travail numérique.**
- Figure 19 : Différentes versions de mock-up imprimés par une imprimante 3D.**
- Figure 20. Guide de préparation dentaire.**
- Figure 21. Guide chirurgical en implantologie et DSD.**
- Figure 22. Guide chirurgical en parodontologie et DSD.**

Figure 23. Exemple de traitement ayant associé orthodontie et DSD

Figure 24. Exemple de traitement ayant associé orthodontie et DSD

Figure 25. Scan Facial obtenu grâce au scanner clOner, dOne 3D.

LES OUTILS D'AIDE À LA MODÉLISATION DU SOURIRE EN CFAO DENTAIRE : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

Résumé : La modélisation du sourire est une technologie en plein essor depuis la mise au point du « *Digital Smile Design* » par Christian Coachman dans les années 2000. Ce procédé permet de modéliser un nouveau sourire numériquement pour notre patient, en fonction de ses traits faciaux et adapté à ses particularités morphologiques. Cette technique permet donc de prévisualiser le résultat final et de planifier le plan de traitement correspondant. Cette méthode a connu un développement sans précédent, grâce aux progrès technologiques, à l'évolution des matériaux et à l'intégration de la Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur dans le processus. En effet, l'amélioration constante des performances des ordinateurs, associée à la sophistication de plus en plus pointue des logiciels, a conduit à l'élaboration de projets toujours plus ambitieux, avec pour objectif principal : le respect des caractéristiques morphologiques de chaque patient. Tout au long de cette revue systématique, nous avons donc cherché à mettre en évidence quels sont les avantages et les inconvénients des outils d'aide à la modélisation du sourire, particulièrement dans le domaine de la CFAO dentaire.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Etude dentaire – Revue systématique de la littérature

MOTS CLÉS : Digital Smile Design, Virtual Smile Design, CFAO Dentaire, Sourire

MOTS CLÉS ANGLAIS : Digital Smile Design, Virtual Smile Design, Computer-Aided design, Smiling