

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2022

N°:

THESE POUR LE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 26 septembre 2022

Par Léon, MFABO

Né le 27 MARS 1993 à Paris – France

Le choix du bloc en vitrocéramique enrichie en disilicate de lithium usiné
(e.max® CAD) en fonction de la situation clinique.

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Monsieur le Docteur Guillaume PISKORSKI

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
W. PACQUET	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Remerciements

Aux membres du jury

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Études Supérieures de Biomatériaux dentaires (Paris V)

Certificat d'Études Supérieures de Prothèse Fixée (Paris V)

Docteur en Odontologie de l'Université Paris DESCARTES (Paris V)

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Responsable Unité Fonctionnelle de Prothèses

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et je vous en suis reconnaissant. Je vous remercie pour votre disponibilité et vos précieux conseils qui ont contribué à la rédaction de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect pour votre rigueur, votre savoir et la qualité de votre enseignement.

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2

CES d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry –

Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Assesseur à la Formation Continue

Vous avez sans hésitation accepté de faire partie de mon jury de thèse et je vous en remercie. Votre intérêt scientifique et votre motivation à suivre l'évolution de la dentisterie sont des exemples pour les jeunes praticiens.

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Maître de Conférences des Universités (Associé) – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Master II « Sciences du médicaments » – Parcours « Dispositifs Médicaux – Biomatériaux » -

Université Lille 2

C.E.S Prothèses Fixées – Université d’Aix-Marseille

Je vous remercie d’avoir accepté de faire partie de ce jury. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon respect pour l’enseignement que vous m’avez fourni ainsi que pour le suivi tout au long de mon parcours universitaire et hospitalier.

Monsieur le Docteur Guillaume PISKORSKI

Assistant Hospitalo-Universitaire des CSERD

Section Réhabilitation orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Tu as tout de suite accepté de diriger cette thèse, avec une disponibilité et une passion tout au long de son développement qui m'ont rendu le travail très agréable. Un immense merci pour cet engouement, cette dévotion, et cette rigueur de travail. Tu as mon respect et ma gratitude éternelle.

Table des matières

1. ABREVIATIONS	13
2. INTRODUCTION	14
3. LA COULEUR ET SES CARACTERISTIQUES EN ODONTOLOGIE	16
3.1. DEFINITION	16
3.2. L'ASPECT TRIDIMENSIONNEL DE LA COULEUR	16
3.2.1. <i>Système de Munsell</i>	16
3.2.2. <i>Le système CIE L*a*b*</i>	17
3.2.3. <i>Les dimensions de la couleur</i>	18
3.2.3.1. La luminosité	18
3.2.3.2. La saturation	19
3.2.3.3. La teinte	19
3.2.4. <i>Translucidité et opacité</i>	19
4. BLOCS USINABLES DE VITROCERAMIQUE ENRICHIE EN DISILICATE DE LITHIUM	21
4.1. LES CERAMIQUES DENTAIRES	21
4.1.1. <i>Classifications</i>	22
4.1.1.1. Classification selon leur température de frittage	23
4.1.1.2. Classification basée sur le procédé de mise en forme	23
4.1.1.3. Classification selon les compositions microstructurales et chimiques	24
4.1.2.4. <i>Mises en forme stratifiée ou monolithique</i>	25
4.2. LES VITROCERAMIQUES ENRICHIES EN DISILICATE DE LITHIUM	26
4.2.1. <i>Blocs usinés</i>	26
4.2.1.1. Présentation des Blocs IPS e.max CAD®, Ivoclar Vivadent	27
4.2.1.2. Caractéristiques mécaniques :	28
4.2.1.3. Propriétés optiques et indications :	29
4.2.2. <i>Bloc Initial™ LiSi de chez GC</i> :	31
5. FACTEURS ET SPECIFICITES INFLUENÇANT LE RESULTAT	33
5.1. PARAMETRES AFFECTANT LE RESULTAT FINAL :	33
5.1.1. <i>Détermination de la teinte désirée</i>	33
5.1.1.1. Choix visuel à l'aide des teintiers :	33
5.1.1.2. Choix visuel assisté par caméra intra-orale	34
5.1.1.3. Choix visuel assisté par appareil photographique	34
5.1.1.4. Choix instrumental par spectrophotométrie et colorimétrie	35
5.1.1.5. Choix instrumental par logiciel de traitement et logiciel d'analyse d'image	36
5.1.2. <i>Teinte du support sous-jacent</i>	37
5.1.3. <i>Translucidité, opacité et épaisseur de la céramique</i> :	39
5.1.4. <i>Incidence du matériau d'assemblage</i>	40
6. OUTILS DE SELECTION DES BLOCS	41
6.1. IPS E.MAX® SHADE NAVIGATION APPLICATION	41
6.1.1. <i>Matériel et méthode</i>	41
6.1.1.1. Prérequis	41
6.1.1.2. Détermination de la teinte désirée	42
6.1.1.3. Détermination du type de restauration choisie	43
6.1.1.4. Détermination de la teinte du support	44
6.1.1.5. Détermination de l'épaisseur de couche	45
6.1.1.6. Détermination du matériau utilisé	47
6.1.1.7. Proposition de choix	47
6.1.2. <i>Discussion</i>	49
6.1.2.1. Les avantages de l'application	49
6.1.2.2. Les limites	49
6.1.2.2.1. Limites liées à sa conception	50
6.1.2.2.2. Limites liées à son utilisation	50
6.1.2.2.3. Limites liées à l'utilisateur	50
6.2. LES TEINTIERS SPECIFIQUES POUR BLOCS	51
6.2.1. <i>Matériels et méthodes</i>	52
6.2.1.1. Prérequis	52
6.2.1.2. Sélection de la teinte désirée	53

6.2.1.3.	Prise de teinte du support sous-jacent.....	53
6.2.1.4.	Essayage avec les teintiers spécifiques	53
6.2.1.5.	Sélection du bloc.....	57
6.2.2.	<i>Discussion</i>	57
7.	PROTOCOLE	59
8.	CAS CLINIQUE	61
9.	CONCLUSION	70
10.	LISTE DES FIGURES	71
11.	LISTE DES TABLEAUX	73
12.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	74

1. Abréviations

CIE : Comité International de l'Éclairage

CFAO : Conception Fabrication Assistée par Ordinateur

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

CEREC : *Ceramic Reconstruction*

HT : *High Translucency* ou Haute Translucidité en français

LT : *Low Translucency* ou Faible Translucidité en français

MT : *Medium Translucency* ou Translucidité Moyenne en français

MO : *Medium Opacity* ou Opacité Moyenne en français

I 12 : Bloc mesurant 10,4 mm de large, 12,5 mm de long et 15 mm de hauteur

A 14 : Bloc mesurant 12,4 mm de large, 14,5 mm de long et 18 mm de hauteur

C 14 : Bloc mesurant 12,4 mm de large, 14,5 mm de long et 18 mm de hauteur

C 16 : Bloc mesurant 17,8 mm de large, 15,8 mm de long, et 18 mm de hauteur

B 32 : Bloc mesurant 14,5 mm de large, 14,5 mm de long et 32 mm de hauteur

SNApp : *Shade Navigation Application* ou Application de sélection de bloc en français

2. Introduction

Le choix de la couleur en dentisterie est une tâche complexe affectée par de nombreux facteurs. Les problèmes majeurs sont la variabilité subjective de la correspondance des teintes, la nature polychromatique des dents et les limites des teintiers dentaires qui représentent de manière non exhaustive la complexité des couleurs retransmise par les dents naturelles.

Le dentiste dispose aujourd'hui d'une quantité importante de matériaux et de moyens à sa disposition pour atteindre ses objectifs. Devant l'exigence esthétique grandissante et le détachement face aux solutions métalliques, la céramique dentaire a pris une place importante dans l'arsenal thérapeutique disponible. En effet, cette dernière a l'avantage de reproduire fidèlement les caractéristiques optiques d'une dent naturelle tout en présentant des propriétés mécaniques fonctionnelles et une biocompatibilité satisfaisante.

Les innovations dans le domaine des biomatériaux et de la technologie ont progressivement permis de développer des nouveaux types d'outils à la disposition des praticiens et prothésistes. La vitrocéramique enrichie en disilicate de lithium est ainsi devenue un matériau de choix pour les restaurations dentaires.

Devant l'étendue grandissante de blocs monolithiques en disilicate de lithium et la pluralité des situations cliniques, on peut se demander quels sont les outils et les techniques à disposition du chirurgien-dentiste pour un choix optimal du bloc en fonction de la situation clinique.

Nous verrons que la nature du bloc, sa teinte, sa translucidité ainsi que d'autres paramètres définissant une situation clinique auront une incidence sur le résultat final.

Ce travail a pour but de détailler les différents paramètres influençant le choix d'un bloc monolithique en disilicate de lithium e.max® CAD, Ivoclar Vivadent mais également d'analyser les outils à notre disposition permettant une sélection optimale.

La première partie de cette thèse consistera à développer les différents paramètres de la couleur ainsi que les propriétés des vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium monolithiques usinées. Puis, dans un second temps, les variables influençant le résultat final seront détaillées ainsi que les outils aidant à déterminer le bon bloc. Enfin, cette problématique sera illustrée par un cas clinique afin d'aboutir à la création d'un protocole de sélection d'un bloc.

3. La couleur et ses caractéristiques en odontologie

3.1. Définition

La couleur est définie comme la perception visuelle de l'aspect d'une surface ou d'une lumière, basée, sans lui être rigoureusement liée, sur la répartition spectrale de la lumière, qui stimule des cellules nerveuses spécialisées situées sur la rétine nommées cônes. En d'autres termes, il s'agit de la qualité de la lumière renvoyée par la surface d'un objet, selon l'impression visuelle qu'elle produit. Néanmoins, la perception de la couleur est relative et dépendante de la forme, de l'état de surface et de son environnement. Dans ces conditions, il est plus facile d'appréhender la complexité de la couleur lorsqu'il s'agit des dents. En effet, le rendu visuel de ces dernières résulte d'une combinaison entre plusieurs éléments.

3.2. L'aspect tridimensionnel de la couleur

3.2.1. Système de Munsell

Le système de Munsell a été le premier à décrire précisément et quantitativement l'expérience psychologique de la couleur. C'est également à partir de celui-ci que sont créés les premiers teintiers dentaires. Munsell a établi un système ordonné pour identifier avec précision chaque couleur. Cette roue chromatique (Figure 1) ainsi constituée s'appuie sur trois dimensions [1]:

- La luminosité,
- La saturation,
- La teinte [2].

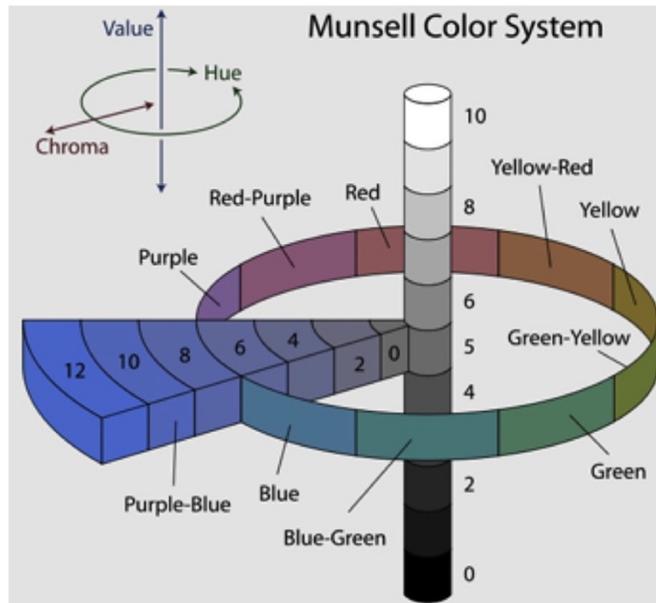


Figure 1 : Schématisation de la roue chromatique du système de Munsell. [3]

- L'axe vertical correspond à la luminosité.
- Le rayon du cylindre correspond à la saturation.
- La périphérie du cylindre correspond aux teintes.

Les combinaisons de ces trois coordonnées définissent l'ensemble des couleurs.

3.2.2. Le système CIE L*a*b*

En 1976, le comité international de l'éclairage (CIE) propose un système de coordonnées définissant un espace chromatique.

Comme dans le système de Munsell, il est utilisé pour définir et normaliser toutes les couleurs [4]. Une teinte spécifique sera déterminée dans le système CIE par 3 coordonnées : L^* ; a^* ; b^* [5]

Schématiquement, ce système est représenté sous la forme d'une sphère (figure 2).

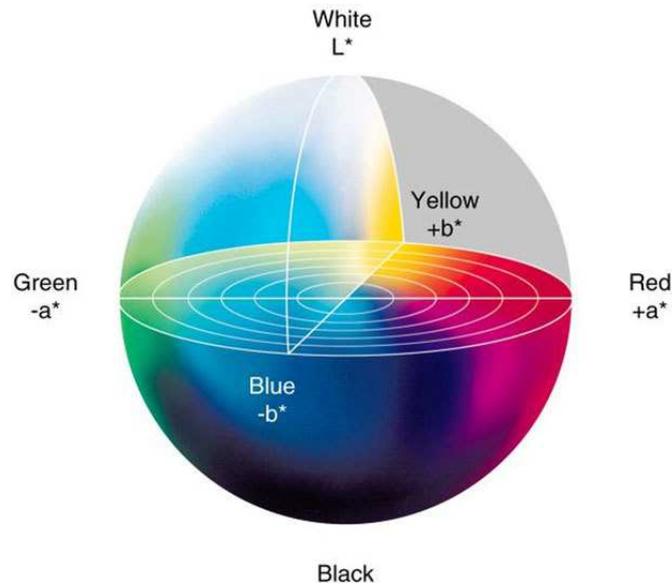


Figure 2 : Schématisation du système CIE L^*a^*b [6]

- L'axe vertical (L^*) correspond à la luminosité (0 correspondant au noir et 100 au blanc).
- L'axe ($-a^*$; $+a^*$) représente les variations du vert au rouge.
- L'axe ($-b^*$; $+b^*$) représente les variations du bleu au jaune.

Les logiciels de prise de teinte et de communication aux prothésistes dentaires utilisent le système CIE Lab afin d'objectiver les couleurs par leurs coordonnées Lab.

3.2.3. Les dimensions de la couleur

3.2.3.1. La luminosité

La luminosité est définie par l'obscurité ou la clarté relative d'un objet. Plus la quantité totale de lumière réfléchie est élevée, plus la luminosité est élevée. En d'autres termes, elle correspond à la quantité de blanc contenue par une couleur ou une teinte. On parle également de quantité de lumière réfléchie. En anglais, on parle de *value*.

3.2.3.2. La saturation

La saturation représente l'intensité et la pureté de la couleur, on parle d'intensité chromatique. C'est la quantité de pigments purs contenue dans une couleur. En anglais, le terme employé est *chroma*.

3.2.3.3. La teinte

La teinte est aussi appelée ton, chromacité ou tonalité chromatique. Elle correspond à la longueur d'onde prédominante de la lumière réfléchiée par l'objet. Le terme anglais est *hue*.

Selon Lasserre et al., à ces coordonnées trichromatiques que sont la luminosité, la saturation et la teinte, s'ajoutent sept autres dimensions optiques et structurales : la stratification, l'opalescence, l'effet nacré, les caractérisations, la texture de surface, la translucidité et la fluorescence. Ces sept dimensions affectent la perception colorée. En effet, les dents ne peuvent être considérées comme des surfaces planes qui vont simplement réfléchir la lumière [7]. Dans ce travail, la dimension de translucidité sera particulièrement étudiée.

3.2.4. Translucidité et opacité

Considérés comme des paramètres complémentaires de la couleur, la translucidité et l'opacité restent néanmoins indispensables à déterminer pour réussir une intégration prothétique [2].

Elles sont apparentées à la capacité d'un matériau à laisser ou non diffuser la lumière incidente.

L'opacité ne laisse pas diffuser la lumière incidente tandis que la translucidité permet la diffusion de celle-ci. Si l'objet est très opaque, il ne laisse passer que peu de lumière et donc la réfléchit. Si, en revanche, il est translucide, la lumière pénètre et l'objet apparaît transparent.

Il est important de rappeler que la dent n'est pas une simple surface plane, la perception visuelle est le résultat de l'interaction de la lumière avec les différentes strates qui la composent. En effet, d'une part, la composante centrale : la dentine, colorée et opaque, est entourée d'une couche d'émail transparente, d'épaisseur croissante du collet au bord libre [8]. D'autre part, la dentine réfléchit la lumière donnant cet aspect opaque dans la région du collet.

Les paramètres de la couleur ont une importance certaine dans la perception des objets et notamment en odontologie. Les biomatériaux et plus précisément les céramiques tentent de reproduire fidèlement les caractéristiques propres à l'organe dentaire.

4. Blocs usinables de vitrocéramique enrichie en disilicate de lithium

La technologie de conception fabrication assistée par ordinateur (CFAO) est l'un des aspects qui évolue le plus rapidement dans la dentisterie restauratrice moderne. Avec le développement de cette technologie et l'augmentation des exigences des patients et des professionnels dentaires, une grande variété de matériaux esthétiques a été produite.

L'utilisation de la CFAO au fauteuil a commencé en 1985, lorsque Mörmann et Brandestini ont introduit le système CEREC. Depuis, d'autres systèmes CFAO se sont développés, laissant un plus large éventail de possibilités [9].

Les technologies CFAO nécessitent des scanners intra-oraux. Ces derniers permettent de numériser une empreinte dentaire directement en bouche avant toute conception prothétique. Les scanners intra-oraux sont devenus nettement plus performants, plus rapides et plus petits, avec un environnement de conception par logiciels plus intuitif.

La technologie CFAO a montré une proportion inférieure de défaillances matérielles par rapport aux matériaux fabriqués à la main. En effet, les blocs révèlent une diminution de la présence de défauts et de pores, assurant ainsi une meilleure fiabilité [10]. La technologie CFAO représente donc un atout majeur pour le praticien par rapport aux techniques d'impressions conventionnelles [11].

En parallèle des CFAO, une large gamme de matériaux est actuellement disponible. Cette pluralité de possibilités élargit l'étendue des indications dans le domaine de la dentisterie restauratrice, de l'implantologie dentaire, de l'orthodontie et des stratégies de planification de traitements complexes.

4.1. Les céramiques dentaires

Les céramiques dentaires sont des matériaux qui font partie de systèmes conçus dans le but de produire des prothèses dentaires qui, à leur tour, sont utilisées pour remplacer les structures dentaires manquantes ou endommagées.

Ces matériaux peuvent être définis par leurs propriétés inhérentes, ils forment des matériaux durs, rigides et cassants en raison de la nature de leur liaison interatomique, qui est ionique et covalente [12].

Les restaurations en céramique sont préférées par les praticiens par rapport aux restaurations céramo-métalliques car elles représentent une option thérapeutique attrayante en raison de leur excellente biocompatibilité, du rendu esthétique réaliste, de leurs translucidités, de la stabilité de la couleur à long terme en plus d'être d'excellents isolants thermiques et électriques [13,14].

L'inertie chimique des systèmes tout céramique est également un avantage essentiel, puisqu'ils ne dégagent pas de substances toxiques, composés nocifs aux tissus voisins, réduisant ainsi le risque de développer une rugosité de surface et/ou des adhérences bactériennes par rapport aux couronnes céramo-métalliques où la problématique peut parfois se poser.

Néanmoins, la céramique dentaire est intrinsèquement fragile et peut causer une usure considérable des dents antagonistes, participant aux échecs cliniques des prothèses [15–17].

Les matériaux céramiques dentaires peuvent exister :

- Sous forme de verre (un solide amorphe), qui n'a pas de phase cristalline ;
- Un verre avec des quantités et des types variables de phase cristalline ;
- Un matériau principalement cristallin avec de petites quantités de verre ;
- Un solide polycristallin (un matériau sans verre).

4.1.1. Classifications

Il existe différents moyens de classer les céramiques dentaires :

- Selon leur température de frittage (cuisson ou fusion).
- Selon le procédé de mise en forme.
- Selon leur microstructure et leur composition chimique.

4.1.1.1. Classification selon leur température de frittage

- Haute température : 1289 à 1390 °C.
- Moyenne température : 1090 à 1260 °C.
- Basse température : 870 à 1065 °C.
- Très basse température : 660 à 780 °C [18,19].

Il s'agit de la classification traditionnelle des céramiques. Elle n'a pas d'incidence clinique et donc ne sera pas développée dans ce travail.

Il existe néanmoins d'autres classifications qui ont un intérêt clinique.

4.1.1.2. Classification basée sur le procédé de mise en forme

Il est important de noter que tous les matériaux peuvent être traités par des techniques variées mais, en général, pour la dentisterie, leurs mises en forme sont classées comme suit [20] :

- Barbotine : mise en forme artisanale à l'aide d'un système poudre/liquide, montée au pinceau.
- Pressée ou moulée sous pression.
- Imprimée.
- Usinée.

Dans cette thèse, la mise en forme usinée sera principalement développée car la problématique porte sur les céramiques usinables sous forme de blocs monolithiques.

Ainsi, les céramiques peuvent se classer selon leur température et leur mise en forme mais également selon leur microstructure. La classification microstructurale présente un intérêt significatif d'un point de vue clinique, cette dernière étant directement liée aux indications et à la procédure de manipulation des matériaux [21].

4.1.1.3. Classification selon les compositions microstructurales et chimiques

La classification selon la composition microstructurale des céramiques s'intéresse à la répartition en volume entre une phase vitreuse et une phase cristalline. La proportion entre ces deux phases influera sur les propriétés optiques, esthétiques, et d'adhésion.

On distingue trois grandes catégories de céramiques dentaires :

- Céramiques infiltrées : elles présentent une matrice cristalline contenant une petite quantité de verre.
- Céramiques polycristallines : elles ne contiennent que des cristaux [12,22].
- Céramiques vitreuses : elles présentent une matrice vitreuse contenant des cristaux dispersés. Elles font l'objet de cette thèse et seront principalement développées.

Chaque céramique vitreuse que l'on peut appeler également vitrocéramique, selon sa composition microstructurale, peut aussi être classée selon sa composition chimique.

Elles sont réparties en quatre classes :

- Les vitrocéramiques enrichies en feldspaths,
- Les vitrocéramiques enrichies en leucites,
- Les vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium,
- Les vitrocéramiques enrichies en silicate de lithium et zircon.

Ce travail s'intéressera essentiellement aux vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium sous forme usinée IPS e.max® CAD, Ivoclar Vivadent.

Il existe plusieurs possibilités quant à la technique utilisée pour restaurer une dent. La restauration peut s'opérer d'un seul bloc (monolithique) ou par strates (stratifiée).

4.1.2.4. Mises en forme stratifiée ou monolithique

Les restaurations dites « monoblocs » ou monolithiques se distinguent des restaurations stratifiées par leurs fabrications, qui comme leur nom l'indique, sont composées d'un seul volume de céramique.

Quant aux céramiques stratifiées, elles sont composées :

- D'une infrastructure présentant une forte résistance mécanique (métal ou céramique)
- D'une suprastructure en céramique cosmétique (feldspathique), mise en forme artisanalement par procédé de barbotine présentant d'excellentes propriétés optiques, esthétiques et biomimétiques.

Les restaurations stratifiées sont sujettes aux fractures cohésives. Ces dernières correspondent à des cassures se développant au sein même du matériau. Elles peuvent concerner l'infrastructure ou la suprastructure. Lorsque ces fractures concernent la suprastructure, on parle d'écaillage ou « chipping » [23].

Dans la littérature, il est indiqué que les restaurations stratifiées présentent un risque de fractures cohésives supérieur aux restaurations monolithiques [23–25]. Pour pallier les risques de chipping, les restaurations monolithiques ont été développées.

La forme « monobloc », en plus d'éviter l'écaillage (chipping), offre aux praticiens une facilité d'utilisation car elle peut être incluse dans un système de CFAO direct, dans lequel les cabinets dentaires n'ont pas recours au laboratoire de prothèse.

Cette thèse traitera des vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium monolithiques usinables. La partie ci-dessous analysera l'évolution de ces vitrocéramiques ainsi que leurs propriétés mécaniques, optiques et leurs indications.

4.2. Les vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium

La première gamme de vitrocéramique introduite sur le marché dans les années 90 est l'IPS Empress 2®, Ivoclar Vivadent. Cette dernière était composée à 65% en volume de disilicate de lithium, de petits cristaux en forme d'aiguilles (3-6 micron x 0,8 microns) intégrés dans une matrice de verre, avec 1% de porosité, lui conférant des caractéristiques mécaniques intéressantes.

Les optimisations des techniques de traitement et de fabrication ont permis la formation de cristaux plus petits et plus uniformément répartis comme l'IPS e.max® Press, Ivoclar Vivadent. On constate qu'il existe une répartition étroitement imbriquée des cristaux empêchant la propagation des fissures. Ces nouvelles vitrocéramiques possèdent donc des propriétés mécaniques et optiques accrues par rapport aux anciennes permettant ainsi d'étendre les indications et applications cliniques [26].

Outre la technique de la pressée, l'essor des technologies de CFAO a conduit à l'introduction de blocs de céramique destinés à la production de restaurations par dispositifs d'usinage comme l'IPS e.max® CAD, Ivoclar ou l'Initial LiSi™ Block, GC.

4.2.1. Blocs usinés

Les blocs en disilicate de lithium monolithiques usinés sont initialement présentés sous une forme partiellement cristallisée, de couleur bleu violet. Ils contiennent environ 40% en volume des cristaux de métasilicate de lithium (Li_2SiO_3) en plus des noyaux cristallins de disilicate de lithium ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) dans une matrice vitreuse.

Dans cet état, la céramique présente une résistance à la flexion modérée, une maniabilité plus aisée et plus rapide ainsi qu'une usure moindre des outils de fraisage [27].

À la suite de l'usinage, s'en suit l'étape de cuisson (frittage) (840°C - 850°C pendant 10 minutes), permettant à la céramique de passer d'une phase partiellement cristallisée à une phase cristallisée. Il s'opère un changement caractérisé par une modification des propriétés mécaniques mais également optiques. On passe d'une restauration couleur bleu violet à une restauration dans la couleur désirée.

Il est possible, dès lors, de maquiller la restauration usinée, la polir, puis de la coller. Ce type de restauration s'intègre parfaitement dans un système de CFAO direct.

4.2.1.1. Présentation des Blocs IPS e.max CAD®, Ivoclar Vivadent

La marque Ivoclar Vivadent commercialise des blocs monochromes en disilicate de lithium monolithiques usinables nommés IPS e.max® CAD (Figure 3).



Figure 3 : Exemple d'un bloc IPS E.max® HT A2 avant cristallisation [28]

Cinq degrés de translucidité sont proposés (Tableau 1) :

- HT ou *High Translucency* (haute translucidité) :
Il existe pour ce type de bloc cinq groupes de teintes différentes (A ;B ;C ;D ;Bleach).
Ils s'utilisent en monolithique ou en stratifié.
- MT ou *Medium Translucency* (moyenne translucidité) :
Il existe pour ce type de bloc trois groupes de teintes (A ; B ; Bleach).
Ils s'utilisent en monolithique ou en stratifié.
- LT ou *Low Translucency* (basse translucidité) :
Il existe cinq groupes de teintes différentes (A ;B ;C ;D ;Bleach).
Ils s'utilisent en monolithique ou en stratifié.
- MO ou *Medium Opacity* (moyenne opacité) :
Ils sont disponibles en cinq teintes différentes (MO 0 ;MO1 ;MO2 ;MO3 ;MO4).
Ils sont uniquement utilisés en stratifié.
- Impulse ® :
Ils sont disponibles en deux teintes d'opalescence (Opal 1,2).

Ils s'utilisent uniquement en monolithique.

Tableau 1 : Les différentes tailles, translucidités et teintes des blocs e.max® CAD disponibles [29]

	TAILLES DISPONIBLES	TEINTES DISPONIBLES
HT	I 12 ; C 14	A (1; 2; 3; 3,5; 4) B (1; 2; 3; 4) C (1; 2; 3; 4) D (2; 3; 4) Bleach (BL1; BL2; BL3; BL4)
MT	C14	A (1; 2; 3) B1 Bleach (BL2; BL3; BL4)
LT	I 12 ; C14 ; C16 ; B 32	A (1; 2; 3; 3,5; 4) B (1; 2; 3; 4) C (1; 2; 3; 4) D (2; 3; 4) Bleach (BL1; BL2; BL3; BL4)
MO	C 14 ; A 14	MO 0; MO 1; MO 2; MO 3; MO 4
Impulse®	C 14	Opal 1 ; Opal 2

Les épaisseurs minimales d'usinage données par le fabricant sont les suivantes [30] :

- Pour les facettes, 0,6 mm dans les zones cervicales et vestibulaires et 0,7 mm au niveau du bord incisal.
- Pour les couronnes antérieures, 1 mm au niveau de l'épaulement, 1,2 mm dans les zones vestibulaires et palatines, 1,5 mm pour le bord incisal.
- Pour les inlays, 1 mm de largeur au niveau de l'isthme et 1 mm de profondeur au niveau du sillon.
- Pour les onlays, 1 mm au niveau de l'isthme, 1 mm de profondeur au niveau du sillon et 1 mm dans la zone des cuspidés.
- Pour les couronnes postérieures, 1 mm au niveau de l'épaulement, 1,5 mm dans les zones vestibulaires et buccales et 1,5 mm dans la zone occlusale.

4.2.1.2. Caractéristiques mécaniques :

Selon Fonzar et al, des différences de résistance à la flexion existent parmi les différentes translucidités. Ces variations résultent de la composition interne des blocs,

elles sont de l'ordre de 100 Mpa : MT (397 MPa) > LT (381 MPa) > HT (346MPa) > MO (281MPa) [31].

Cependant, peu d'études traitent des différences de résistance mécanique en fonction de la translucidité et aucun consensus n'a été établi [26]. Par conséquent, le choix du bloc se concentrera sur les propriétés optiques des matériaux.

A ce jour, il n'existe pas d'étude analysant la résistance mécanique des blocs Impulse®.

4.2.1.3. Propriétés optiques et indications :

Il existe une corrélation importante entre la translucidité de la restauration et la couleur du support. En effet, avec le système IPS e.max®, l'analyse de la couleur est en partie une analyse en termes de saturation en balance avec la translucidité et l'opacité du bloc ainsi que l'épaisseur de la pièce céramique à réaliser.

Selon Jean-François Lasserre, « le HT et l'Impulse® sont utilisés lorsque l'on a besoin d'une nette translucidité, le LT et le MT, lorsque l'on a besoin d'une semi-translucidité et le MO est utilisé pour créer une semi-opacité ou une franche opacité » [32]. Les blocs Impulse® sont utilisés lorsque l'on recherche un effet d'opalescence.

Les indications en fonction de la translucidité du bloc sont les suivantes (tableau 2) [32] :

- **HT** : Ils sont principalement indiqués pour des supports faiblement lumineux en secteur esthétique, des restaurations fines et pour les restaurations partielles postérieures :
 - Pour des restaurations de très faible épaisseur ou « *chips* » sur des supports non dyschromiés,
 - Pour des facettes sur des supports peu ou non dyschromiés,
 - Pour des inlays-onlays,
 - Pour des overlays,
 - Pour des veneerlay.

- **MT** : Ils sont généralement utilisés pour des supports plus lumineux en secteur esthétique, et pour les restaurations postérieures :
 - Pour des facettes sur supports peu ou non dyschromiés,
 - Pour les overlays sur supports peu ou non dyschromiés,
 - Pour les veneerlays sur supports peu ou non dyschromiés,
 - Pour les couronnes périphériques sur supports peu ou non dyschromiés.

- **LT** : Il s'utilise préférentiellement en secteur postérieur mais également dans le secteur antérieur. Il est surtout utilisé en stratification car très opaque :
 - Pour des facettes sur supports dyschromiés ou non,
 - Pour des Inlays-Onlays sur supports dyschromiés ou non,
 - Pour des Overlays sur supports dyschromiés ou non,
 - Pour des Veneerlays sur supports dyschromiés ou non,
 - Pour des couronnes périphériques sur supports dyschromiés ou non.

- **Impulse®** : Il présente un effet d'opalescence naturel et sera principalement utilisé en secteur esthétique pour reproduire de l'émail :
 - Pour des facettes, des chips ou de fines restaurations partielles sur supports dyschromiés ou non.

- **MO** : En raison de leur opacité, ils sont idéalement indiqués pour la fabrication d'armature sur laquelle la stratification sera réalisée. Ce type de bloc est utilisé comme support pour la stratification et ne sera donc pas étudié dans cette thèse.

Il est important de noter que pour les blocs HT, MT, LT et Impulse®, un support fortement dyschromié contre-indique leurs utilisations (excepté si l'on applique au préalable un composite masqueur opaque sur ce support).

Tableau 2 : Indications des blocs e.max® CAD [32].

		CÉRAMIQUES MONOLITHIQUES ENRICHIES EN DISILICATE DE LITHIUM (e.max)																
INDICATION	CHIPS			FACETTE			INLAY-ONLAY			OVERLAY			VENEERLAY			COURONNE		
TYPE DE SUPPORT	NON DYSCHROMIÉ	PEU DYSCHROMIÉ	FORTEMENT DYSCHROMIÉ	NON DYSCHROMIÉ	PEU DYSCHROMIÉ	FORTEMENT DYSCHROMIÉ	NON DYSCHROMIÉ	PEU DYSCHROMIÉ	FORTEMENT DYSCHROMIÉ	NON DYSCHROMIÉ	PEU DYSCHROMIÉ	FORTEMENT DYSCHROMIÉ	NON DYSCHROMIÉ	PEU DYSCHROMIÉ	FORTEMENT DYSCHROMIÉ	NON DYSCHROMIÉ	PEU DYSCHROMIÉ	FORTEMENT DYSCHROMIÉ
HT	X			X	X		X	X		X	X		X	X				
MT				X	X					X	X		X	X		X		
LT				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Impulse®	X	X	X	X	X	X												

4.2.2. Bloc Initial™ LiSi de chez GC :

Depuis 2021, des blocs en vitrocéramique enrichie en disilicate de lithium monolithiques existent en forme cristallisée ne nécessitant pas de cuisson de cristallisation. Ils ont l'avantage d'anticiper le rendu final puisque leur forme native correspond à la teinte définitive.

Les blocs de la gamme Initial™ LiSi de GC, font figure de précurseurs dans le domaine. Ces derniers sont disponibles en deux degrés de translucidité, HT et LT, contenant chacun quatre teintes, A1 A2 A3 et B1 et une seule taille (Figure 4).



Figure 4 : Les différents blocs Initial™ LiSi, GC [33].

Les épaisseurs minimales d'usinage données par le fabricant sont les suivantes [33] :

- Pour les facettes, 0,6 mm dans les zones cervicales et vestibulaires et 0,7 mm au niveau du bord incisal.
- Pour les couronnes antérieures, 1 mm au niveau de l'épaulement, 1,2 mm dans les zones vestibulaires et linguales et 1,5 mm pour le bord incisal.

- Pour les inlays, 1 mm de largeur au niveau de l'isthme et 1 mm de profondeur au niveau du sillon.
- Pour les onlays, 1 mm au niveau de l'isthme, 1 mm de profondeur au niveau du sillon et 1 mm dans la zone des cuspidés.
- Pour les couronnes postérieures, 1 mm au niveau de l'épaulement et 1,5 mm dans la zone occlusale.

Étant donné le peu d'études concernant les propriétés mécaniques et optiques de ces derniers, il n'est pas encore possible d'apporter une analyse approfondie sur le sujet. De plus, nous ne disposons pas suffisamment de recul clinique.

Les vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium monolithiques sont aujourd'hui largement utilisées par les chirurgiens-dentistes. Elles n'agissent pas seules dans le résultat, certains paramètres, abordés ci-dessous, ont une action sur le rendu esthétique de la restauration.

5. Facteurs et spécificités influençant le résultat

Il convient de déterminer la bonne translucidité du bloc en complément de la bonne teinte. Dans un premier temps, il est important de déterminer quels seront les paramètres qui affecteront le résultat, puis, dans un second temps, d'avoir recours à un outil qui nous aidera à choisir, en fonction de ces dits paramètres, la bonne teinte et la bonne translucidité.

5.1. Paramètres affectant le résultat final :

5.1.1. Détermination de la teinte désirée

La détermination de la teinte à reproduire s'inscrit dans le processus de la réalisation d'une prothèse. Celle-ci doit être réfléchie en amont. Il existe différentes méthodes permettant de choisir la teinte souhaitée :

5.1.1.1. Choix visuel à l'aide des teintiers :

Il consiste en la comparaison de plusieurs échantillons issus d'un teintier avec la/les dents adjacente(s). Le but étant de trouver la teinte qui correspondra. Il convient de respecter scrupuleusement les protocoles d'utilisation des fabricants et d'aménager un environnement adéquat et reproductible afin d'éviter les erreurs liées à l'utilisation.

Aussi, certains facteurs peuvent perturber le bon relevé de teinte et créer des biais liés au praticien, au matériel et à l'environnement.

Concernant les praticiens, les troubles la vision (daltonisme par exemple) [34] et l'inexpérience du praticien [35] sont rapportés. Certaines études trouvent que l'expérience et l'entraînement ont un impact sur la prise de teinte [35]. A contrario, d'autres études comme celle menée en 2018 par Yilmaz et al., ne voient pas de corrélation entre l'expérience du praticien et le choix de la bonne teinte [36]. Il convient d'admettre que l'entraînement et le savoir vont tout de même avoir un impact sur la réussite de la prise de teinte [37].

D'après King et al., l'usure du matériel, la non-normalisation entre les différents teintiers ou simplement le manque de représentativité de l'espace chromatique dentaire agissent sur la bonne sélection de la teinte [38].

Quant à l'environnement, on parle généralement de quantité ou de qualité de lumière. En effet, les conditions optimales sont un éclairage naturel, indirect ou à défaut un éclairage artificiel proche de 6500 K. [39]. Désormais des lampes d'appoint sont utilisées et favorisent la bonne sélection de teinte.

5.1.1.2. Choix visuel assisté par caméra intra-orale

Tout comme le choix visuel à l'aide des teintiers, le choix visuel assisté par caméra intra-orale est une méthode comparative. La caméra transmet une image agrandie de la dent et de l'échantillon choisi sur le teintier, permettant une comparaison plus aisée. De plus, l'éclairage apporté provient de la LED contenue dans la caméra, évitant ainsi les erreurs liées, par exemple, à l'usure de la lampe et donc à l'éclairage.

Toutefois, les mêmes biais que pour l'observation à l'aide des teintiers subsistent car il s'agit toujours d'une observation visuelle donc subjective. Cette méthode semble donc peu fiable.

5.1.1.3. Choix visuel assisté par appareil photographique

Le développement du numérique a contribué à l'essor de l'utilisation de l'appareil photographique dans les cabinets dentaires. Cet outil apparaît comme un excellent moyen de communication visuelle que ce soit pour les patients ou pour les prothésistes. En effet, les caractéristiques précises des dents telles que les caractérisations ou la teinte peuvent être transmises. Cet outil s'utilise en association avec les teintiers. La photographie résultant de la séance servira de guide pour le prothésiste. Des filtres polarisants peuvent être ajoutés, ces derniers atténuent les reflets lumineux et permettent une analyse approfondie des caractéristiques optiques de la dent.

Outre les moyens matériels, financiers et techniques requis, la pluralité des dispositifs photographiques disponibles impose de respecter un protocole strict afin de standardiser la procédure et d'éviter diverses erreurs de transmission [40].

5.1.1.4. Choix instrumental par spectrophotométrie et colorimétrie

Le choix instrumental est une méthode de mesure qui implique des dispositifs tels que le spectrophotomètre et le colorimètre (Figure 5). Les spectrophotomètres sont des instruments de mesure objectivant des couleurs. Ils fonctionnent sur le principe des coordonnées colorimétriques CIELab définies dans la première partie. Ces instruments déterminent les couleurs de façon scientifique et objective.



Figure 5 : Exemple de spectrophotomètre, le Vita Shade, Vita® [41]

Les colorimètres, à l'image des spectrophotomètres, permettent également une analyse objective et scientifique des couleurs de la dent. Ces deux outils sont spécifiques et requièrent des moyens matériels, financiers et un savoir-faire qui leur sont propres. Le développement de l'informatique a permis une accessibilité facilitée à ces dispositifs. Ces outils existent sous forme miniaturisée compatible avec des smartphones et des logiciels de traitement de l'image. Le seul colorimètre miniaturisé pouvant s'associer à un logiciel d'analyse de la couleur est l'Optishade®, *Styleitaliano*, il s'utilise en association avec le logiciel de traitement Matisse® (Figure 6).



Figure 6 : (image de gauche) exemple du colorimètre relié à un smartphone : l'Optishade®, Styleitaliano, (image de droite) exemple de logiciel de traitement, Matisse® [42].

5.1.1.5. Choix instrumental par logiciel de traitement et logiciel d'analyse d'image

Les logiciels de traitement représentent également une mesure objective. Dans ce cas de figure, les informations seront analysées par un logiciel à partir d'une image recueillie via un appareil externe (photographie polarisée ou colorimètre). Tout comme les dispositifs instrumentaux cités plus haut, les couleurs seront traduites en coordonnées colorimétriques CIE Lab. Les logiciels offrent la possibilité de générer une cartographie complète de la dent. De plus, ils permettent, dans les cas de restaurations stratifiées, de communiquer aux prothésistes la composition en poudres de céramique pour les masses dentines et la couche d'émail (Figure 7).

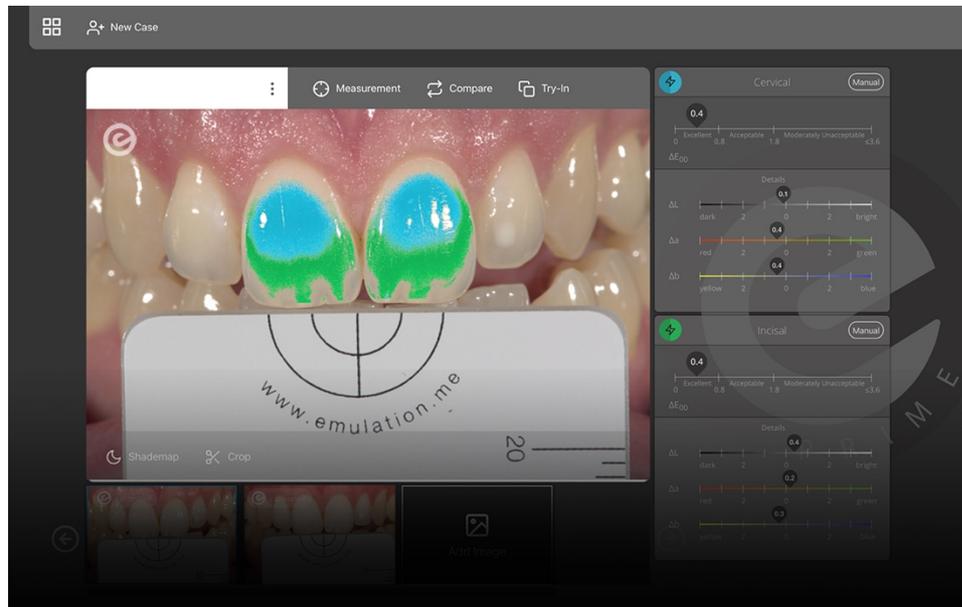


Figure 7 : Exemple de logiciel de traitement de l'image, eLab prime [43].

Dans la plupart des études s'intéressant à ce sujet, les auteurs évaluent l'impact des différents paramètres en mesurant la différence de couleur entre celle désirée et celle observée dans le système de couleurs CIELab, vu dans la première partie. En utilisant la colorimétrie ou la photographie polarisée, ils pourront ainsi détecter un changement de couleur infime. Cette variable s'appelle ΔE et est exprimée en fonction des différentes coordonnées L^* , a^* et b^* .

Comme abordé dans la première partie, il est important de noter que le résultat n'est pas seulement conditionné par une correspondance de teintes, mais peut également être influencé par d'autres paramètres comme l'aspect du support sous-jacent.

5.1.2. Teinte du support sous-jacent

Étant donné la diversité de translucidités de blocs disponible, il est aisé de comprendre que la teinte du support, qui peut être naturel ou non, va avoir un impact sur la teinte finale.

La teinte du support se relève à l'aide d'un teintier spécial : le teintier IPS Natural DIE Material© (Figure 8).

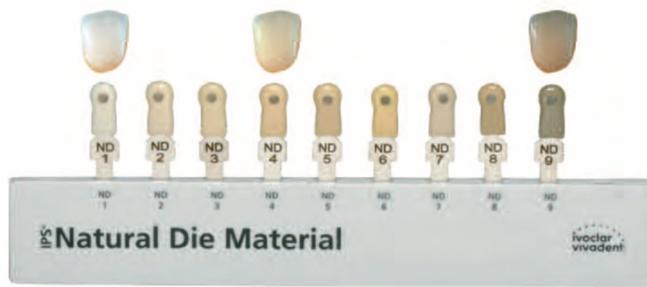


Figure 8 : Influence de la coloration du support sur une même teinte et même translucidité de la restauration en comparant sur le teintier IPS® Natural Die Material [44].

La littérature suggère qu'une différence de teinte entre le résultat désiré et obtenu est modulée en partie par la teinte du support sous-jacent : plus il est foncé plus les différences de teinte augmentent [45]. Cependant, il est important de noter que, dans la plupart des études, un simple panel de translucidités de restauration est utilisé. De plus, la teinte du pilier n'est pas le seul facteur influençant le résultat, l'épaisseur de céramique de la restauration contrebalance dans certains cas les effets visuels du support. En effet, dans le cas d'une dyschromie avancée, augmenter l'épaisseur de la céramique peut suffire à masquer les effets négatifs du pilier sur le résultat. Il est également possible d'utiliser des restaurations stratifiées.

Selon la littérature, à partir d'une certaine épaisseur (variant de 1,5 à 2 mm), excepté pour les couronnes à haute translucidité (HT), le pilier n'a plus d'influence significative sur le rendu esthétique [45–49]. De plus, toujours pour supprimer toute influence néfaste du substrat sur le résultat esthétique, des céramiques monolithiques moins translucides peuvent être utilisées [50]. La qualité esthétique sera alors amoindrie, c'est-à-dire que l'on va s'éloigner des propriétés optiques des dents naturelles et donc du biomimétisme. [47,50–52]

Enfin, des moyens d'opacifier le pilier existent : les composites de très haute opacité (opaquer, masking liners) [53]. Ils permettent de conserver les propriétés optiques de la céramique inhérentes à la translucidité. Les opaquer ou liners de recouvrement agissent comme des masques modifiant la perception de la teinte du pilier (Figure 9). Ils sont composés de résines composites opaques photopolymérisables ou duales (photo- et chémo-polymérisables), qu'on applique sur le pilier afin de dissimuler les dyschromies naturelles ou métalliques (Figure 10). Leur utilisation semble être une alternative intéressante à l'utilisation de restaurations stratifiées.



Figure 9 : Composite Masking liner Essentia™, GC [53]

Arif et al. ont montré qu'appliquer un agent opaque sur un pilier métallique présente le même résultat esthétique que lorsque ce même pilier est en céramique [54].

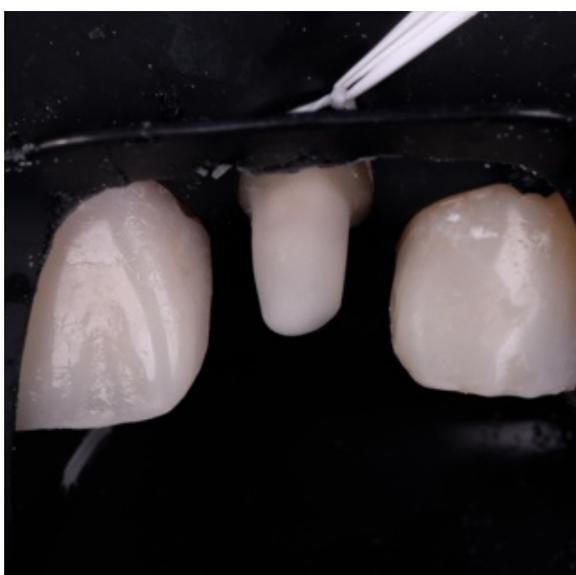


Figure 10 : Photographie centrée sur la 22 après application et polymérisation du composite de très haute opacité Masking liner Essentia™, GC sur un inlay-core métallique, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

5.1.3. Translucidité, opacité et épaisseur de la céramique :

L'épaisseur de céramique et sa translucidité ou son opacité impacteront le rendu final. Ces paramètres sont en lien étroit avec la couleur du support sous-jacent. En effet, comme mentionné précédemment, augmenter l'épaisseur de restauration ou augmenter l'opacité de la céramique contribuera à diminuer l'impact du support sur le résultat.

Cependant, même si une augmentation de ces paramètres garantit une correspondance de teinte [50], la perception visuelle de la dent ne s'arrête pas à la teinte. Margossian et al [55], mettent en avant le fait que pour se rapprocher fidèlement des

caractéristiques optiques de la dent naturelle, il faut prendre en considération plusieurs paramètres de la couleur mentionnés dans la première partie. En effet, il est nécessaire d'éviter une opacité totale pour ne pas retomber dans les carences esthétiques des systèmes céramo-métalliques.

5.1.4. Incidence du matériau d'assemblage

Selon Touati et al., le matériau d'assemblage exerce une légère influence sur le résultat, à hauteur de 10 à 15% [56]. Cette influence est conditionnée par la faible épaisseur d'application de la colle, la translucidité de la restauration et la teinte du support sous-jacent. Pour certains auteurs, le matériau d'assemblage pourrait avoir un pouvoir masquant [45,46,57,58]. Mais cette capacité masquante est dépendante du support sous-jacent. Si celui-ci est fortement dyschromié, le matériau d'assemblage n'aura pas d'impact sur le résultat.

Le matériau d'assemblage exerce donc une influence limitée sur le résultat, il peut parfois avoir un léger impact positif mais ne pourra pas corriger à lui seul un effet négatif du support. Margossian et Laborde, s'accordent à écrire qu'il est préférable de donner la teinte la plus neutre possible au matériau d'assemblage pour optimiser le résultat [55].

Il existe également des pâtes d'essayage à base de glycérine hydrosoluble qui simulent la teinte et la translucidité avant un collage définitif. Ces pâtes permettent de déterminer la meilleure combinaison de couleur entre la restauration, le substrat sous-jacent et le matériau d'assemblage.

Les différents paramètres tels que le support sous-jacent, l'épaisseur et la translucidité de la restauration ainsi que le matériau d'assemblage agissent à des degrés différents sur le résultat et donc sur le choix du bloc. La partie suivante traitera des moyens qui aideront à la sélection optimale des blocs.

6. Outils de sélection des blocs

L'essor de la CFAO directe dans les cabinets dentaires, abordé précédemment a permis aux praticiens de s'affranchir partiellement des étapes de laboratoire.

Dans le panel des outils à disposition du praticien, certains lui permettront de sélectionner le bon bloc comme le recours à une application et à un teintier spécifique.

Dans un premier temps, l'application IPS e.max® shade navigation app sera décrite et analysée afin d'en déterminer les objectifs, les avantages et les limites. Puis, dans un second temps, l'usage des teintiers spécifiques sera développé.

6.1. IPS e.max® shade navigation application

Développée par Ivoclar Vivadent, l'application IPS e.max® shade navigation app, introduite en 2017, a pour but premier d'aider le chirurgien-dentiste à sélectionner le bon bloc IPS e.max CAD en proposant une teinte et une translucidité.

Il s'agit d'une application disponible sur smartphone, gratuite et compatible avec différents matériaux produits par Ivoclar Vivadent à savoir :

- Les lingotins IPS e.max® Press.
- Les blocs IPS e.max® CAD.
- Les blocs IPS e.max® zirCAD.
- Les disques IPS e.max® zirCAD.

Les blocs correspondant aux blocs vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium monolithiques sont les blocs IPS e.max® CAD. La méthode, le cas clinique ainsi que le protocole s'intéresseront donc à ces blocs en particulier.

6.1.1. Matériel et méthode

6.1.1.1. Prérequis

L'utilisation de cette application nécessite quelques prérequis :

- L'application nécessite un smartphone compatible.
- Il faut déterminer le type de restauration.

- Il est nécessaire de relever la teinte désirée, à l'aide d'un teintier, d'un appareil photo et/ou d'un logiciel.
- Il faut déterminer l'épaisseur de préparation.
- Il faut relever la teinte du support sous-jacent à l'aide d'un teintier spécifique.
- Il faut sélectionner le type de matériau.

En se basant sur ces informations déterminées par le praticien, l'application proposera deux options de blocs pour la réalisation de la restauration.

6.1.1.2. Détermination de la teinte désirée

Dans un premier temps, le praticien doit sélectionner la teinte désirée (Figure 11).

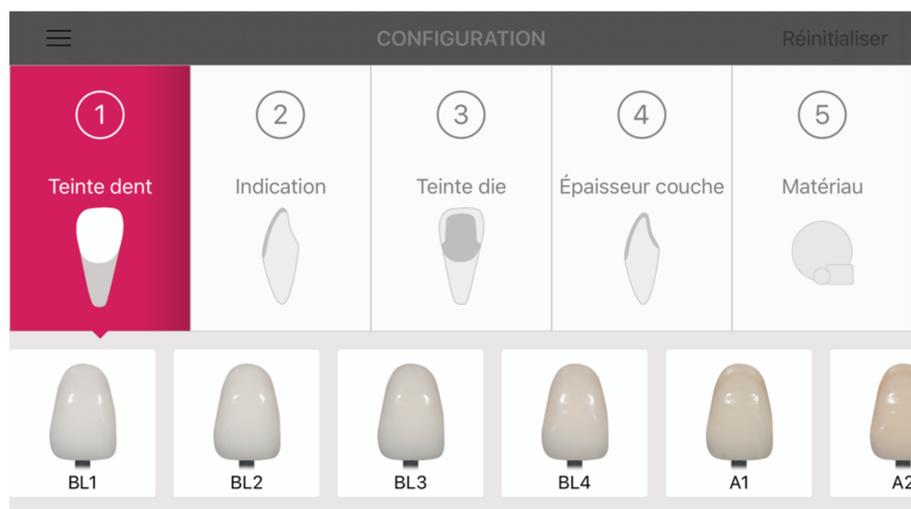


Figure 11 : Sélection de la teinte dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)

L'application propose de choisir parmi 16 teintes issues du teintier VITA Classique et quatre teintes du système Bleach (Tableau 3).

Tableau 3 : Teintes disponibles dans l'application

TEINTES DISPONIBLES	
A	A1 ; A2 ; A3 ; A3.5 ; A4
B	B1 ; B2 ; B3 ; B4
C	C1 ; C2 ; C3 ; C4
D	D2 ; D3 ; D4
Bleach	BL 1 ; BL 2 ; BL 3 ; BL 4

6.1.1.3. Détermination du type de restauration choisie

L'étape suivante est la détermination de l'indication (Figure 12), l'application propose parmi cinq types de restauration à savoir :

- Facettes.
- Inlay.
- Onlay.
- Couronne.
- Coiffe.

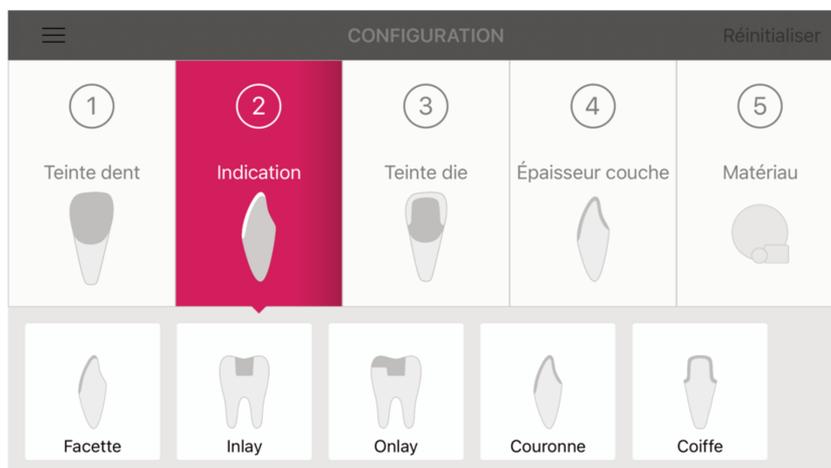


Figure 12 : Sélection de l'indication dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)

6.1.1.4. Détermination de la teinte du support

Il convient de déterminer la teinte du support sous-jacent, en effet comme vu précédemment celui-ci aura une incidence sur le choix du bloc. Cette teinte se relève grâce au teintier IPS Natural DIE Material©, Ivoclar Vivadent (Figure 13).



Figure 13 : Exemple de prise de teinte du support à l'aide du teintier IPS Natural Die Material®. La 12 correspond à la teinte ND 9, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

L'application propose de choisir parmi les 9 teintes du support à savoir (Figure 14) : ND 1 ; ND 2 ; ND 3 ; ND 4 ; ND 5 ; ND 6 ; ND 7 ; ND 8 ; ND 9.

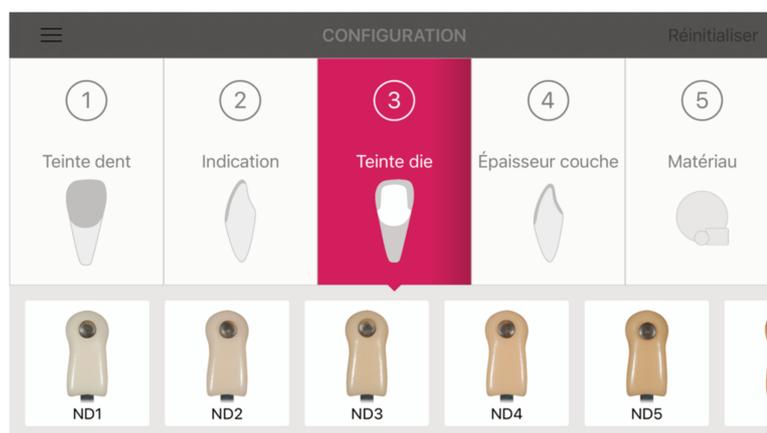


Figure 14 : Sélection de la teinte du support (photographie personnelle de l'auteur)

6.1.1.5. Détermination de l'épaisseur de couche

Il s'agit de l'étape de la détermination de l'épaisseur de la restauration. Pour cela, le praticien doit :

- soit sélectionner une valeur d'épaisseur moyenne de préparation.
- soit sélectionner les valeurs maximales et minimales de préparation. Dans ce cas de figure, il convient de vérifier si les propositions de choix de bloc obtenues sont les mêmes pour les deux valeurs d'épaisseur. En cas de divergence, il faut sélectionner la valeur moyenne.
- soit choisir l'une ou l'autre à l'aide de dispositifs annexes.



Figure 15 : Exemple de sélection de différentes épaisseurs de préparation pour (A) les propositions de choix pour 1 mm d'épaisseur, (B) les propositions de choix pour 1.3 mm (montage personnel de l'auteur)

Dans ce cas, on choisira les teintes MT BL3 et MT BL4.

Il existe différents moyens de mesurer l'épaisseur de préparation :

- Par détermination visuelle : elle a lieu après la préparation, elle est dépendante du jugement du praticien et donc peu fiable.
- À l'aide des provisoires qui serviront de masque lors de la préparation. Les fraises calibrées permettront de contrôler l'épaisseur de préparation. Cette méthode de mesure est conditionnée par la précision des instruments utilisés.
- À l'aide d'une clé réduction de wax-up et d'une sonde parodontale. La mesure de l'épaisseur de restauration peut être effectuée et contrôlée à tout moment lors de la préparation. Il s'agit d'une méthode fiable mais limitée par la précision des instruments de mesure utilisés.

- À l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur, il est possible de superposer le scan des dents préparées au wax-up digital. Le logiciel peut alors mesurer la différence entre les deux données, ce qui permet de déterminer précisément l'épaisseur de préparation (Figure 16).

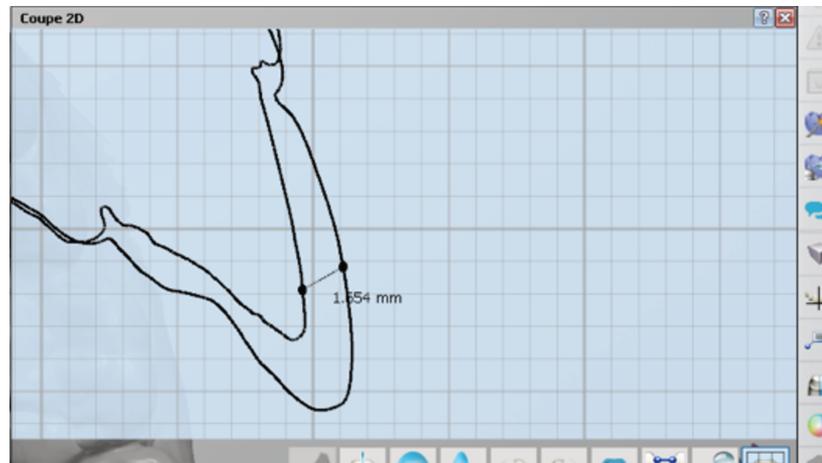


Figure 16 : Mesure de l'épaisseur de préparation à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

L'application propose plusieurs épaisseurs s'étendant de 0,3 mm à 1,5 mm au dixième de millimètre près (Figure 17). Il faut noter que les épaisseurs disponibles sont variables en fonction de l'indication et du type de matériau utilisés.

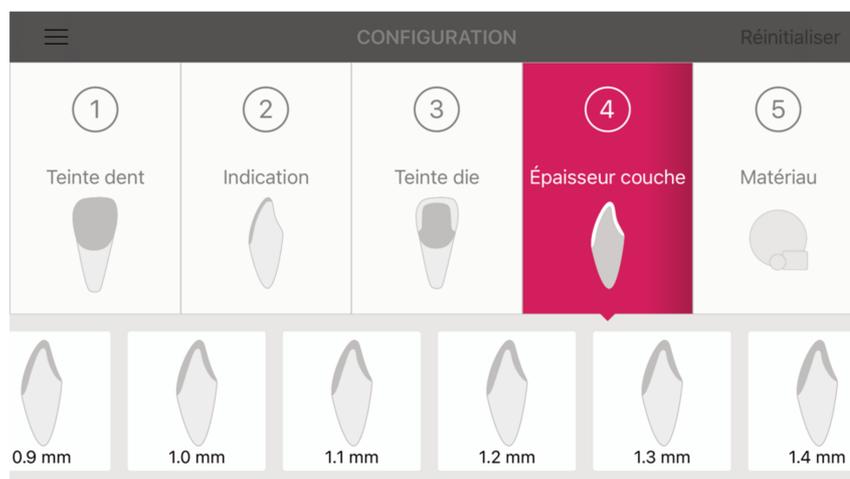


Figure 17 : Sélection de l'épaisseur de préparation dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)

Dans le cas où l'épaisseur de la couronne est inférieure à l'épaisseur minimale proposée, il est possible de sélectionner « facette » dans les indications.

6.1.1.6. Détermination du matériau utilisé

Il s'agit là de sélectionner le type de céramique choisi pour la restauration (Figure 18). Il faut noter également que les matériaux disponibles sont variables en fonction de l'indication et de l'épaisseur de couche précédemment sélectionnées.



Figure 18 : Sélection du matériau dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)

6.1.1.7. Proposition de choix

L'application propose au maximum deux choix de blocs (Figure 19), il est alors possible de visualiser virtuellement les résultats.

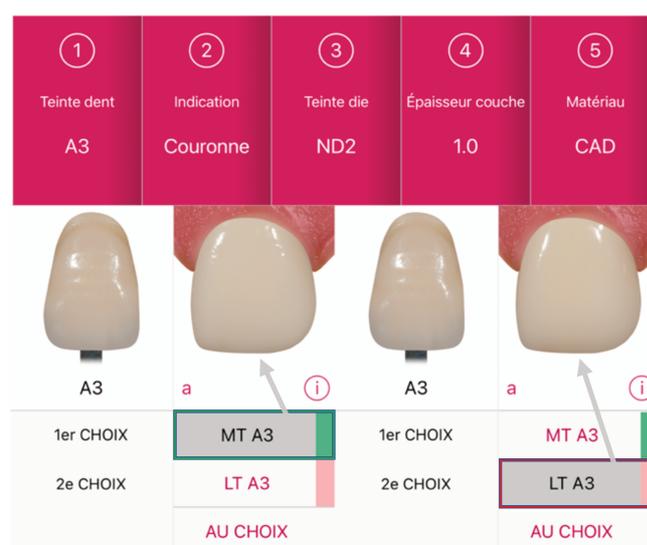


Figure 19 : Visualisation des choix dans l'application (à gauche) MT A3 et (à droite) LT A3 (montage personnel de l'auteur)

La proposition verte correspond au meilleur choix selon l'application, la proposition rouge correspond au choix alternatif. L'aperçu affiché se réfère à la proposition grisée.

Dès lors, un troisième choix peut être ajouté manuellement pour les comparer.

L'application propose plusieurs options de présentation pour optimiser la visualisation des résultats (Figure 19). Il est possible de :

- masquer la gencive,
- modifier virtuellement la translucidité de la restauration afin d'apprécier la géométrie et la teinte du substrat sous-jacent,
- modifier la couleur de l'arrière-plan (blanc, gris, noir) afin de varier la perception des couleurs.

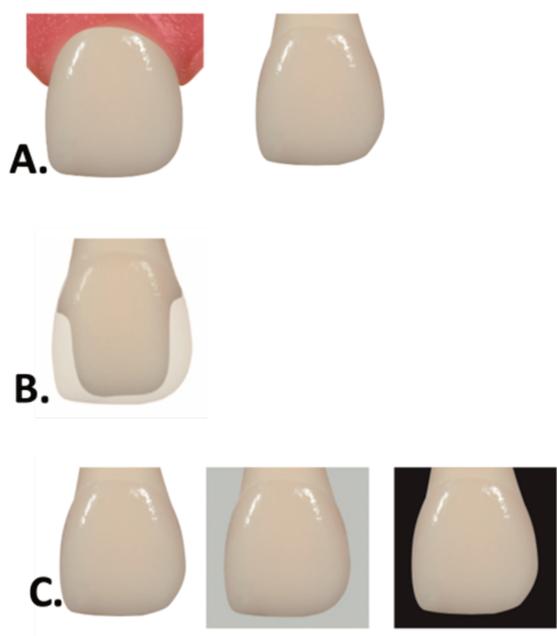


Figure 20 : Options de visualisation disponible, pour (A) la gencive, (B) la translucidité de la restauration et (C) la couleur de l'arrière-plan, (montage personnel de l'auteur)

Enfin, il est possible d'exporter les données pour les transmettre aux prothésistes.

Comme développé ci-dessus, ce support, simple d'utilisation, permet aux praticiens de sélectionner la bonne translucidité et la bonne teinte avec la possibilité d'entrevoir virtuellement le résultat. Il est donc intéressant pour améliorer la compréhension du fonctionnement de la *Snare Navigation App* (SNAApp) d'analyser précisément ses objectifs, ses avantages et ses limites.

6.1.2. Discussion

La SNAApp s'intègre dans le processus de réalisation des restaurations prothétiques en céramiques monolithiques. Son objectif principal est la détermination d'un ou deux choix de teinte et de translucidité de bloc en indiquant cinq paramètres précédemment présentés.

Après une analyse approfondie de l'application pour l'intérêt de ce travail de recherche, des remarques et interrogations ont émergé. Les avantages et les limites de l'application seront détaillés dans cette partie.

6.1.2.1. Les avantages de l'application

L'interface intuitive apportée par l'écran tactile du smartphone couplée au design de l'application rendent l'expérience presque ludique, et facilitent son utilisation. Cette application est disponible gratuitement sur le marché, ce qui favorise son accessibilité à tous les praticiens. Elle permet également aux praticiens et aux patients d'entrevoir virtuellement le rendu.

Enfin, la SNAApp est parfaitement compatible avec un système CFAO direct dans lequel les étapes de préparation, de conception, de fabrication et de mise en place sont directement réalisées au cabinet.

6.1.2.2. Les limites

Durant l'analyse de l'application, des interrogations ont émergé. Elles mettent en évidence certaines limites de l'application. Ces limites portent sur trois paramètres : La conception et le fonctionnement de l'application, son utilisation et l'utilisateur.

6.1.2.2.1. Limites liées à sa conception

Peu d'informations sont disponibles concernant la conception de l'application. Après mise en relation avec l'équipe de développement et entretien par mail, les informations recueillies suggèrent que les 9000 combinaisons possibles pour l'e.max ont été vérifiées à l'œil. Il n'existe pas de protocole strict nous informant sur le temps de l'étude, le nombre de testeurs/observateurs/praticiens, les conditions des tests, les moyens utilisés pour relever les teintes, ni les critères de choix des blocs. De plus, il s'agit d'un outil récent, il n'y a donc pas encore de recul clinique sur son utilisation ni même d'étude confortant les résultats proposés.

6.1.2.2.2. Limites liées à son utilisation

Pour simplifier son usage, les développeurs de l'application ont sélectionné cinq paramètres influençant le choix du bloc. De ce fait, certains paramètres comme la teinte ou l'épaisseur du matériau d'assemblage ne sont pas pris en compte. Comme vu précédemment, ces paramètres peuvent avoir un léger impact sur le rendu final, il aurait donc été intéressant qu'ils apparaissent dans l'application.

Concernant les propositions de choix, il semble que l'application présente un déficit dans la gestion des teintes de pilier très sombres, en effet, elle peine à proposer des blocs dans ces situations. L'application ne propose pas d'alternative comme la stratification.

Enfin, son usage se limite à quatre types de céramiques parmi la gamme IPS, Ivoclar Vivadent. Ainsi, il est indispensable pour le praticien d'avoir ces matériaux à sa disposition.

6.1.2.2.3. Limites liées à l'utilisateur

Deux des paramètres déterminants concernent des prises de teintes (teinte désirée et teinte du moignon), il est donc essentiel que le praticien soit en mesure de bien les effectuer sans quoi son usage s'expose à des biais compromettant le résultat.

Le tableau ci-dessous synthétise les différents avantages et inconvénients de l'application (Tableau 4) :

Tableau 4 : Avantages et inconvénients de l'application :

AVANTAGES	LIMITES
Application intuitive	Ne prend pas en compte le matériau d'assemblage
Application gratuite	Erreurs possibles lors des sélections de teinte
Accessible	Peu d'information sur la conception
Compatible avec la CFAO	Peu de recul clinique
Envoi des données facilité	Utilisation limitée à la gamme IPS®, Ivoclar

L'application SNApp présente des avantages, mais son utilisation seule ne permet pas une sélection optimale du bloc. L'utilisation d'un deuxième outil comme des teintiers spécifiques permettrait d'augmenter la fiabilité.

6.2. Les teintiers spécifiques pour blocs

La complexité du choix des blocs réside en partie dans l'impossibilité de prévisualiser le résultat. En effet, la forme pré-cristallisée des blocs empêche d'entrevoir le rendu. Il existe désormais des teintiers simulant une restauration en fonction de leurs teintes et translucidités (figure 11). Les barrettes d'échantillons sont la teinte et la translucidité des blocs obtenues après cuisson et avant glaçage.



Figure 21 : Teintiers spéciaux IPS e.max® shade guide pour blocs IPS e.max® CAD, (en haut à gauche) MO, (en haut à droite) HT, (en bas à gauche) MT, (en bas à droite) LT, (montage personnel de l'auteur)

6.2.1. Matériels et méthodes

6.2.1.1. Prérequis

Il est recommandé de prévoir le matériel adéquat afin de réaliser chaque étape pour la sélection de bloc :

- Il est nécessaire de relever la teinte désirée à l'aide d'un teintier classique.
- Un appareil photographique équipé d'un filtre polarisant.
- Un logiciel de traitement de données LAB, un colorimètre ou un spectrophotomètre.
- Un gel ou une pâte d'essayage (type gel de glycérine).
- Un logiciel de CAO.
- Il faut relever la teinte du support sous-jacent à l'aide d'un teintier spécifique.
- Il faut établir l'épaisseur de préparation.
- Il faut se munir des teintiers spécifiques pour le choix des blocs (IPS e.max® shade guide).

6.2.1.2. Sélection de la teinte désirée

La sélection de la teinte s'effectue en amont, selon les modalités de prise de teinte. Il est alors possible d'utiliser l'appareil photographique et un filtre polarisant. Ces derniers aideront à établir précisément la teinte à sélectionner. C'est une étape clé, elle permet de sélectionner la saturation à essayer avec les teintiers spécifiques.

6.2.1.3. Prise de teinte du support sous-jacent

La teinte du support influence le choix de la translucidité du bloc, de ce fait, il est essentiel de pouvoir la quantifier. A cette étape, Il est également possible d'utiliser un appareil photographique et un filtre polarisant. La teinte se relève avec le teintier IPS Natural DIE Material©, Ivoclar Vivadent.

6.2.1.4. Essayage avec les teintiers spécifiques

Cette étape se déroule après la préparation de la dent. À partir de la saturation sélectionnée lors de la prise de teinte, on présélectionne les barrettes d'échantillons correspondantes à cette saturation dans les différentes translucidités (exemple : MT, HT, LT A1 pour une teinte vita classique A1). Cette étape se déroule dans l'idéal à quatre mains, ainsi le praticien sera en mesure de prendre les photographies avec et sans filtre polarisé pendant l'essayage des barrettes d'échantillon.

L'essayage s'effectue dans un premier temps en plaçant les barrettes d'échantillon le long de l'axe principal de la dent, en bout à bout (Figure 22). Il est alors possible de prendre une photographie avec et sans filtre polarisant (Figure 23). Le filtre polarisant permet d'éviter la pollution de la lumière environnante.



Figure 22 : Photographies de l'essayage des barrettes d'échantillon en bout à bout, (à gauche) A1 LT, (à droite) A1 HT et A1 MT, courtoisie du Dr G. PISKORSKI. La teinte sélectionnée est A1, les différentes translucidités présélectionnées sont alors placées en bout à bout.



Figure 23 : Photographies de l'essayage des barrettes d'échantillon en bout à bout avec filtre polarisé, la barrette de gauche correspond au A1 MT et la barrette de droite correspond au A1 HT, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

Il est préférable d'effectuer l'essayage par superposition des barrettes d'échantillon. Ainsi, il sera possible de visualiser le rapport entre translucidité de la restauration et teinte du support sous-jacent. Ce second essai se fera avec une pâte d'essai visqueuse type gel de glycérine. Dans le cas de restaurations translucides (HT, MT), au même titre qu'un essai de facette, il est nécessaire d'appliquer un gel ou une pâte d'essai afin d'optimiser la transmission lumineuse. L'échantillon sera placé au contact du support recouvert de glycérine (Figure 24). Il est possible

d'effectuer la superposition dans les différentes régions coronaires. Le praticien prendra les photographies correspondantes de préférence avec un filtre polarisé (Figure 25).

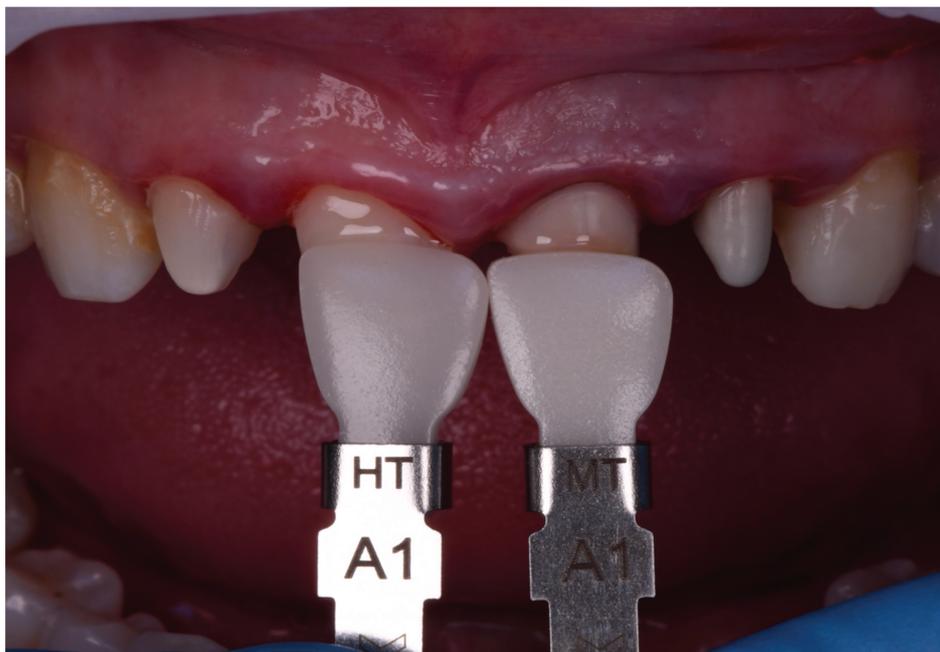


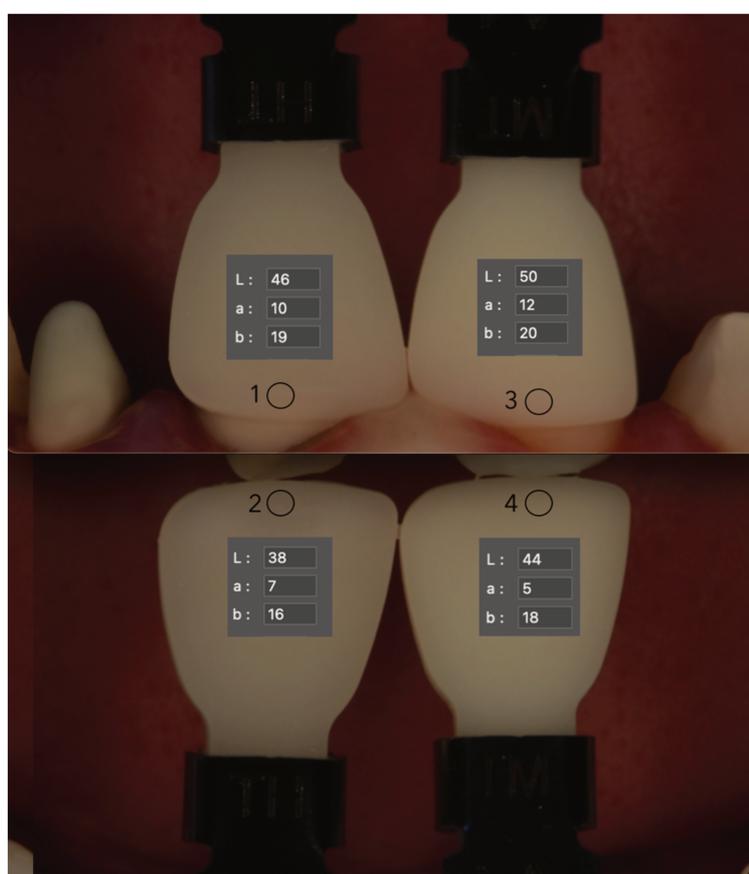
Figure 24 : Photographie de l'essayage des barrettes d'échantillon A1 HT et A1 MT par superposition, courtoisie du DR. G. PISKORSKI



Figure 25 : Photographie avec filtre polarisé de l'essayage des barrettes d'échantillon A1 HT et A1 MT par superposition, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

Il faut s'assurer que les paramètres de configuration de l'appareil photographique soient les mêmes pour toutes les images recueillies, ainsi la comparaison des clichés sera fiable.

Il est intéressant de vérifier s'il existe une différence de retransmission des couleurs entre l'essayage en bout à bout et l'essayage par superposition. En effet, en analysant les coordonnées numériques de la couleur des photographies polarisées des différents essayages (Figure 26), il est possible d'objectiver une différence. Ici, l'analyse a été faite à l'aide du logiciel Adobe Photoshop®. Il faut noter que pour que l'analyse demeure fiable, les photographies ont été prises dans les mêmes conditions (photographies polarisées avec le filtre polar_eyes, Bio-emulation™, iso 100, ouverture 1/125 et f22 et calibrées sur un point fixe des deux photographies à savoir le manche du teintier).



*Figure 26 : Photographie polarisée de l'essayage (en haut) par superposition, (en bas) photographie en miroir de l'essayage en bout à bout, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI
Les cercles 1 ; 2 ; 3 ; 4 sont les références de comparaison des coordonnées numériques de la couleur sur le logiciel Adobe Photoshop®. Les coordonnées Lab correspondantes sont affichées.*

L'analyse a permis de montrer qu'il existe une différence entre l'essayage en bout à bout et l'essayage par superposition. En effet, on note une perte de luminosité.

Une observation de l'incidence du gel de glycérine lors de l'essayage aurait également été intéressante.

6.2.1.5. Sélection du bloc

Après essayage des barrettes d'échantillon et validation visuelle, le praticien sélectionne le bloc correspondant à la teinte désirée.

6.2.2. Discussion

L'utilisation de teintiers spécifiques permet aux praticiens d'appréhender le rendu final, néanmoins, il convient d'en déterminer les limites afin d'optimiser leur utilisation.

Les prises de teinte et la sélection du bloc sont ici subjectives, elles sont entièrement praticien-dépendant. Un biais d'appréhension ou de relevé de teinte peut compromettre le résultat. En effet, une erreur dans le relevé de teinte provoquera une erreur lors de l'essayage avec les teintiers spécifiques.

Les barrettes d'échantillon sont d'une épaisseur de 1 à 3 mm, de ce fait, il est impossible de prévisualiser le résultat pour des restaurations plus fines.

Dans le cas de l'utilisation d'un appareil photographique, il est nécessaire que le praticien maîtrise les techniques et protocoles. Outre les coûts financiers générés par l'achat du matériel (teintiers, appareil photographique, objectifs, flash, logiciels de traitement, filtres polarisants), la comparaison des images recueillies requiert une standardisation.

Enfin, tout comme la SNAApp, les teintiers sont spécifiques aux marques qui les produisent, de ce fait, il est nécessaire d'avoir les matériaux compatibles pour les utiliser.

L'utilisation des teintiers spécifiques doit donc se limiter à la prévisualisation du résultat, de ce fait il est difficile de sélectionner un bloc simplement avec ces derniers car la prévisualisation reste subjective. L'association SNAApp et teintiers spécifiques dans des conditions définies, permettrait aux praticiens de sélectionner le bon bloc.

Les développeurs des logiciels de traitement d'image comme Matisse® s'attachent à proposer des solutions de restaurations monolithiques en complément des restaurations stratifiées. Dans un futur proche, ces derniers seront en mesure de proposer des choix de blocs.

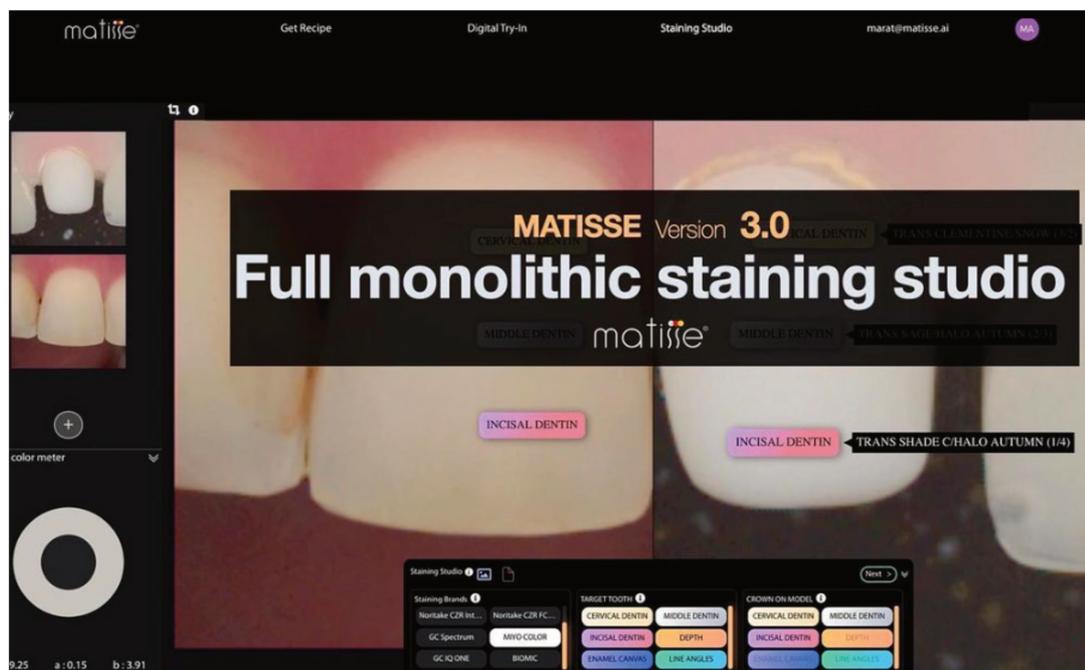
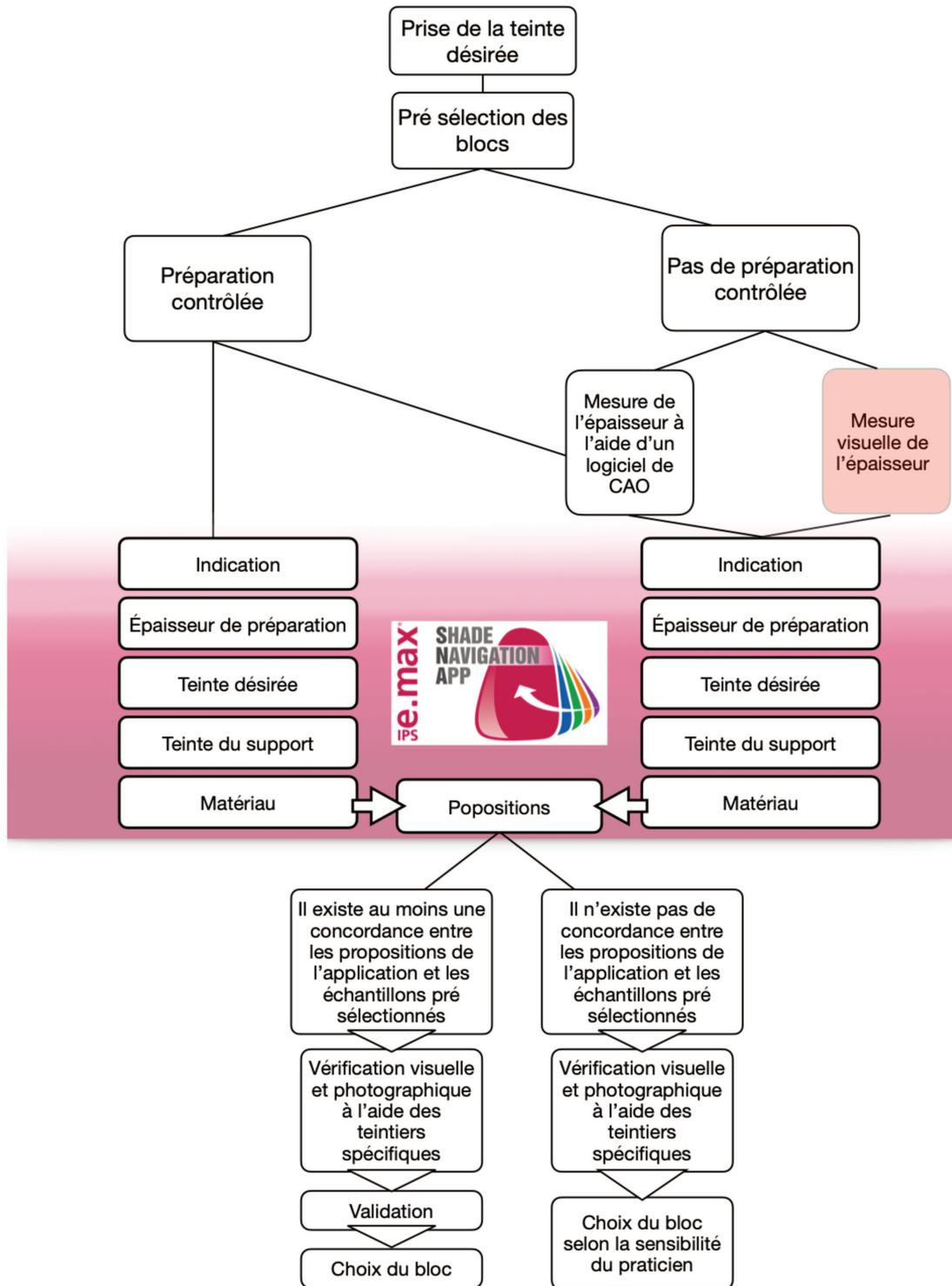


Figure 27 : Interface en développement du logiciel Matisse®, l'application sera prochainement en mesure de proposer des solutions monolithiques [59].

7. Protocole

Dans la partie précédente, les avantages et les limites de l'application SNAApp et des teintiers spécifiques ont été abordés. Ces deux outils présentent chacun des intérêts complémentaires. Par conséquent, leur utilisation couplée semble être une alternative efficace et optimale dans le choix du bloc.

Dans cette thèse, un protocole de sélection de bloc est proposé. Il s'appuiera sur cet usage couplé de l'application SNAApp et des teintiers spécifiques. Ce protocole sera ensuite illustré par un cas clinique.



- ⚠ Attention à la déshydratation des préparations dentaires, elle aura pour conséquence d'augmenter la luminosité et donc l'opacité.
- ⚠ Les photographies s'effectuent avec et sans un filtre polarisant. Elles vont aider à comparer les résultats lorsque le patient n'est plus présent.
- ⚠ L'essayage des barrettes d'échantillon du teintier spécifique s'effectue avec une pâte d'essayage visqueuse lorsque le matériau est translucide.

8. Cas clinique



Figure 28.: Photographie de face de la patiente, courtoisie du Dr G. PISKORSKI

Il s'agit d'une patiente de 47 ans se présentant pour un préjudice esthétique au niveau du sourire qui la gêne depuis 10 ans.

La 12 présente un composite mésial infiltré associé à une reprise de carie au niveau du joint et une carie cervicale en vestibulaire.

La 21 est reconstituée par une couronne céramo-métallique présentant un ajustement cervical insuffisant.

La 22 est reconstituée par une couronne céramique et est composée d'une reconstitution corono-radulaire coulée type inlay-core.



Figure 29 : Photographie initiale du cas, courtoisie du Dr G. PISKORSKI

Après examens clinique et radiologique et compte tenu des substrats dentaires mixtes non dyschromiés (11, 21, 11), il est décidé avec l'accord de la patiente, de refaire les quatre incisives maxillaires au moyen de :

- deux facettes monolithiques en vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium (IPS e.max® CAD) sur la 12 et la 11,
- deux couronnes monolithiques en vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium (IPS e.max® CAD) sur la 21 et la 22.

Le monolithique, comme abordé précédemment, a l'avantage d'être moins onéreux qu'une céramique stratifiée ce qui correspondait aux possibilités financières de la patiente.

Il faut noter que la 22 dispose d'une reconstitution coronoradulaire métallique coulée (inlay-core), de ce fait, il est décidé de placer un composite opacifiant (masking liner) le recouvrant afin d'atténuer l'influence néfaste de l'inlay-core et de permettre l'indication d'une céramique monolithique.

Le rendez-vous suivant consiste en une prise de photographies de face afin de réaliser un wax-up digital (figure 29), ce qui permettra d'entrevoir et de préparer le projet

esthétique. Le wax-up digital est également un excellent outil de communication avec la patiente car les photographies lui montrent un aperçu du rendu.



Figure 30 : Photographies du cas et réalisation du wax-up virtuel, courtoisie du Dr G. PISKORSKI

On peut voir en haut le cas initial, en bas à gauche les contours des futures prothèses et en bas à droite, un montage de la prévisualisation esthétique.

Après réalisation du mock-up numérique, et validation du projet esthétique, s'en suit l'étape de sélection de la teinte. Elle est réalisée à l'aide d'un teintier VITA 3D Master®. La teinte 1M2 est sélectionnée. Elle correspond à la teinte A1 du VITA Classical®.



Figure 31 : Prise de teinte, courtoisie du Dr G. PISKORSKI

Les barrettes d'échantillon sont alors présélectionnées : la saturation étant connue, le choix se portera sur des teintes A1. Dans ce cas, les barrettes MT A1 et HT A1 ont été choisies.

La préparation des dents peut avoir lieu. Cette dernière n'est pas une préparation calibrée, par conséquent, la mesure des épaisseurs de préparation se fera à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (Figure 31). La superposition du scan de la préparation sur le scan du wax-up permet d'objectiver précisément l'épaisseur de préparation. Dans le cas présent, les épaisseurs retenues sont : 1,2 mm pour la 22, 1.3 mm pour la 21, 0.6 mm pour la 11 et 1 mm pour la 12.

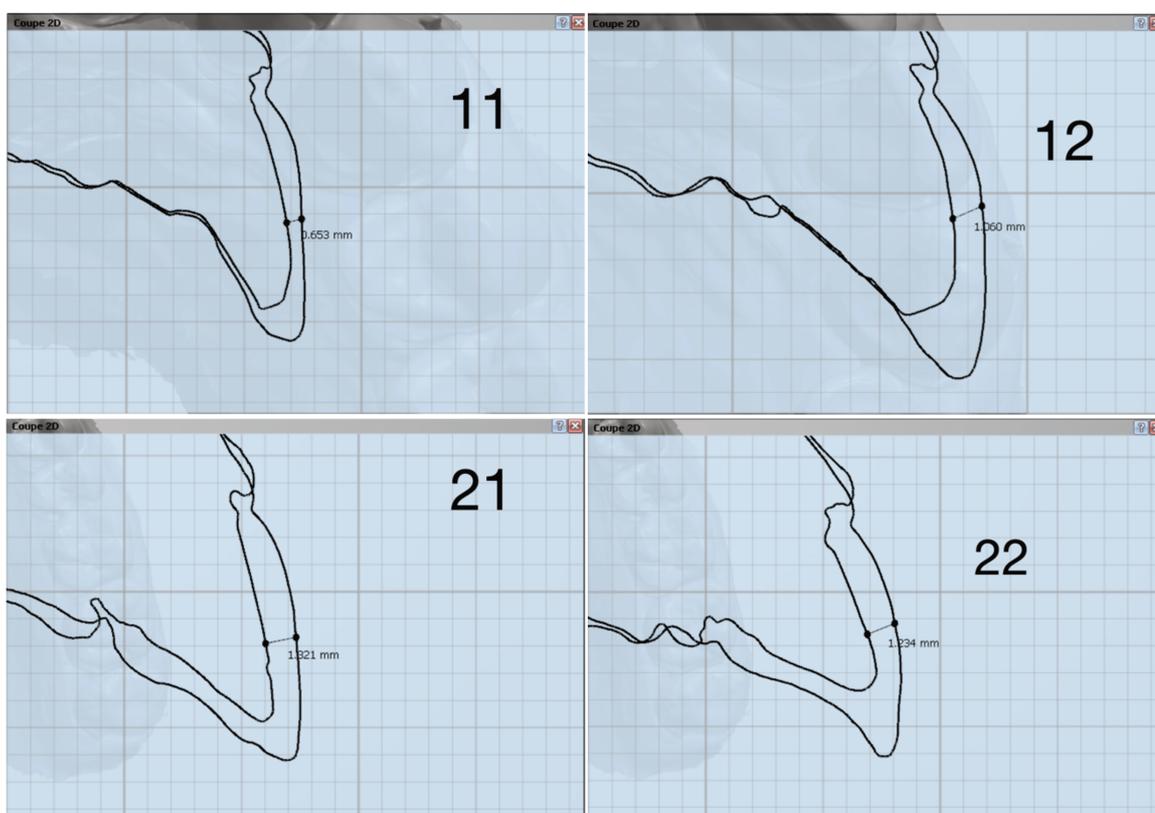
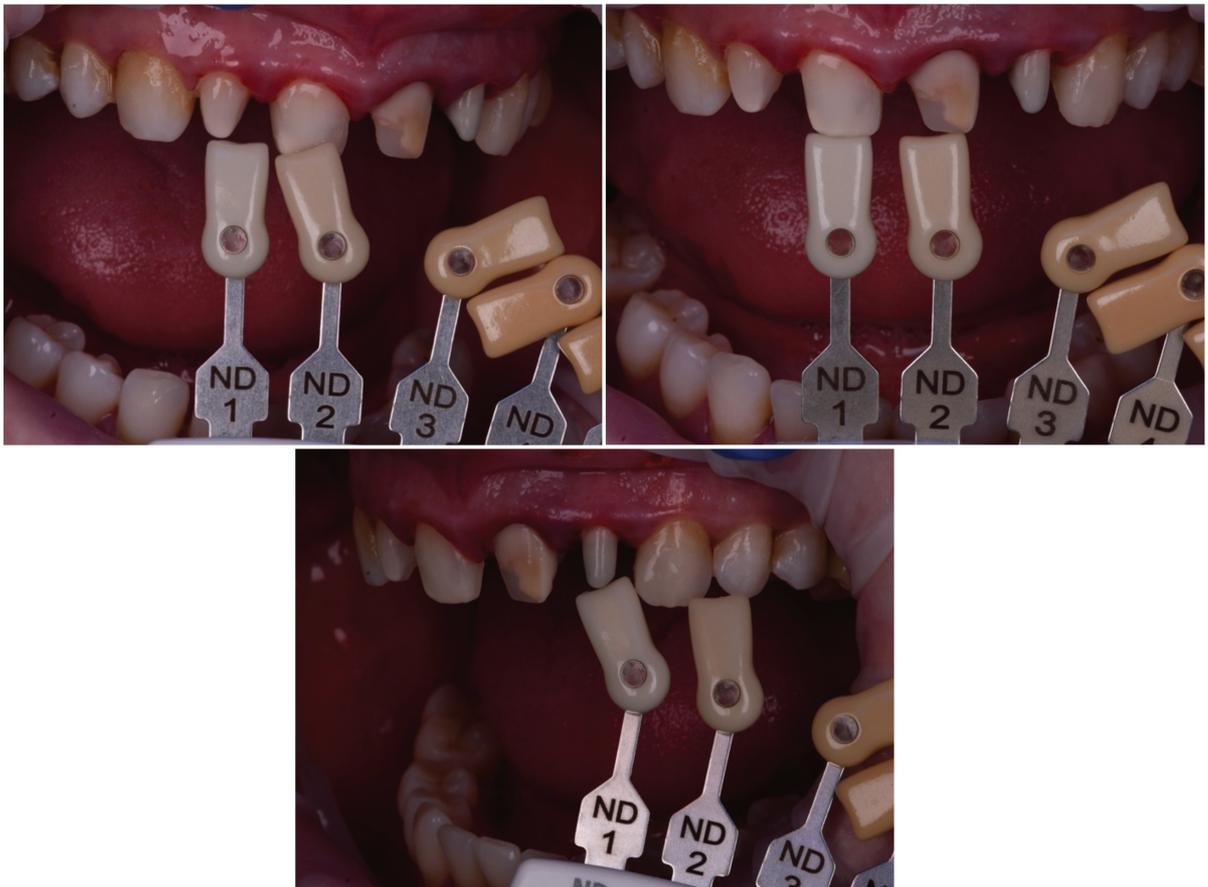


Figure 32 : Détermination de l'épaisseur des préparations à l'aide d'un logiciel de CAO, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

La teinte des supports sous-jacents est prise à l'aide du teintier IPS Natural DIE Material©, Ivoclar Vivadent (Figure 32).



*Figure 33 : Photographies des sélections de teintes des supports, courtoisie du Dr G. PISKORSKI
On note que les 11, 12 et 22 sont à la teinte ND 1 et la 21 est à la teinte ND 2.*

Les différentes informations relatives à la restauration sont ensuite paramétrées dans l'application (Figure 33).

Teinte dent : A1			
Indication : Facette	Indication : Facette	Indication : Couronne	Indication : Couronne
Teinte die : ND1	Teinte die : ND1	Teinte die : ND2	Teinte die : ND1
Épaisseur couche : 1.0	Épaisseur couche : 0.6	Épaisseur couche : 1.3	Épaisseur couche : 1.2
Matériau : CAD	Matériau : CAD	Matériau : CAD	Matériau : CAD
12 ⓘ	11 ⓘ	21 ⓘ	22 ⓘ
MT A1	MT A1	MT A1	MT A1
LT A1	LT A1	LT BL4	LT A1

Figure 34 : Choix proposés par l'application en fonction des informations données, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI.

L'application propose une alternative en corrélation avec les barrettes de teintier spécifique présélectionnées, le MT A1.

La validation du choix est conditionnée par une phase de vérification dans laquelle il est nécessaire d'essayer lesdites barrettes. Pour ce faire, elles seront placées le long de l'axe des dents en bout à bout (Figure 34). Puis, il faut les superposer sur les préparations recouvertes d'un gel ou d'une pâte d'essayage (Figure 35). Des photographies seront prises lors de cette étape. Dans ce cas, l'essayage du MT A1 confirme le choix du bloc.



Figure 35 : Photographies de l'essayage avec teintiers spécifiques en bout à bout, courtoisie du Dr G. PISKORSKI



Figure 36 : Photographies de l'essayage avec teintiers spécifiques par superposition, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

Après usinage et glaçage, les futures prothèses peuvent être essayées (Figure 36).



Figure 37 : Photographies (en haut) du modèle et (en bas) des prothèses, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI

L'essayage en bouche s'effectue à l'aide d'une pâte d'essayage try-in. Le collage sous digue est réalisé après une validation finale (Figure 37).



Figure 38 : Photographies de la pose du champ opératoire, courtoisie du Dr G. PISKORSKI

Le protocole de collage consiste en :

- Mordançage des couronnes à l'acide fluorhydrique pendant 20 secondes,

- Application du silane Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, puis séchage,
- Sablage des préparations dentaires à l'oxyde d'alumine à 50 microns,
- Mordançage à l'acide orthophosphorique pendant 15 secondes puis rinçage et séchage,
- Application de l'adhésif universel G-Premio BOND, GC, séchage,
- Photopolymérisation,
- Assemblage des prothèses avec le composite G-aenial Universel Injectable A1, GC,
- Photopolymérisation,
- Retrait des excès de composite,
- Polissage des joints dento-prothétiques,
- Réglages de l'occlusion,
- Finitions.

Voici le résultat après collage en post-opératoire :



Figure 39 : Photographie du résultat en post-opératoire, courtoisie du Dr G. PISKORKI

La patiente est revue à trois semaines en post-opératoire et est satisfaite du résultat esthétique (Figure 39). Elle sera revue tous les ans en contrôle post-opératoire.



Figure 40 : Photographie finale à trois semaines post-opératoires, courtoisie du Dr G. PISKORSKI

9. Conclusion

L'objectif principal de cette thèse était de déterminer les différents outils et techniques permettant un choix optimal de bloc usinable en fonction de différentes situations cliniques dans le cadre de blocs en vitrocéramique enrichie en disilicate de lithium monolithiques. Dans un premier temps, les différents paramètres et outils agissant dans le choix du bloc ont été détaillés et critiqués. A l'issue de ce travail de recherche et en tenant compte de l'essor de la CFAO directe et de l'éventail de possibilités de blocs monolithiques, la réponse à cette problématique pourrait être un usage couplé de l'application SNApp et des teintiers spécifiques. En effet, cette application est facile d'utilisation, accessible, proposant un large choix dans les différents paramètres de la restauration. Néanmoins, elle présente des limites, notamment dans les cas de fortes dyschromies et le recul clinique sur cette application est encore trop faible. Il convient donc d'utiliser l'application en complément des teintiers spécifiques pour atteindre un choix optimal du bloc. L'expérience du praticien et du prothésiste reste une donnée majeure pour le bon usage de ces différents outils. Les différentes évolutions technologiques, bien que facilitant le travail du chirurgien-dentiste, ne remplaceront jamais son expertise.

De plus, ces outils restent perfectibles, par exemple, leur utilisation pourrait être étendue aux autres modèles de blocs disponibles sur le marché.

Il serait intéressant de concevoir un protocole de recherche confortant ou non les résultats obtenus via l'application, ce qui lui donnerait davantage de crédit.

De nos jours, avec l'avènement de l'informatique et des logiciels de traitement de l'image, des évolutions technologiques permettront certainement de déterminer le bon choix du bloc de façon plus fiable et reproductible via d'autres applications telles que Matisselab® et elab_pilot.

10. Liste des figures

Figure 1 : Schématisation de la roue chromatique du système de Munsell.....	17
Figure 2 : Schématisation du système CIE L*a*b	18
Figure 3 : Exemple d'un bloc IPS E.max® HT A2 avant cristallisation.....	27
Figure 4 : Les différents blocs Initial™ LiSi, GC.....	31
Figure 5 : Exemple de spectrophotometre, le Vita Shade, Vita®.....	35
Figure 6 : (image de gauche) exemple du colorimètre relié à un smartphone : l'Optishade®, Styleitaliano, (image de droite) exemple de logiciel de traitement, Matisse®	36
Figure 7 : Exemple de logiciel de traitement de l'image, eLab prime.....	37
Figure 8 : Influence de la coloration du support sur une même teinte et même translucidité de la restauration en comparant sur le teintier IPS® Natural Die Material	38
Figure 9 : Composite Masking liner Essentia™, GC	39
Figure 10 : Photographie centrée sur la 22 après application et polymérisation du composite de très haute opacité Masking liner Essentia™, GC sur un inlay-core métallique, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI.....	39
Figure 11 : Sélection de la teinte dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)	42
Figure 12 : Sélection de l'indication dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)	43
Figure 13 : Exemple de prise de teinte du support à l'aide du teintier IPS Natural Die Material®. La 12 correspond à la teinte ND 9, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI.....	44
Figure 14 : Sélection de la teinte du support (photographie personnelle de l'auteur)....	44
Figure 15 : Exemple de sélection de différentes épaisseurs de préparation pour (A) les propositions de choix pour 1 mm d'épaisseur, (B) les propositions de choix pour 1.3 mm (montage personnel de l'auteur)	45
Figure 16 : Mesure de l'épaisseur de préparation à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI	46
Figure 17 : Sélection de l'épaisseur de préparation dans l'application (photographie personnelle de l'auteur).....	46
Figure 18 : Sélection du matériau dans l'application (photographie personnelle de l'auteur)	47
Figure 19 : Visualisation des choix dans l'application (à gauche) MT A3 et (à droite) LT A3 (montage personnel de l'auteur).....	47
Figure 20 : Options de visualisation disponible, pour (A) la gencive, (B) la translucidité de la restauration et (C) la couleur de l'arrière-plan, (montage personnel de l'auteur) ..	48
Figure 21 : Teintiers spéciaux IPS e.max® shade guide pour blocs IPS e.max® CAD, (en haut à gauche) MO, (en haut à droite) HT, (en bas à gauche) MT, (en haut à droite) LT (montage personnel de l'auteur)	52
Figure 22 : Photographies de l'essayage des barrettes d'échantillon en bout à bout, (à gauche) A1 LT, (à droite) A1 HT et A1 MT, courtoisie du Dr G. PISKORSKI.	54
Figure 23 : Photographies de l'essayage des barrettes d'échantillon en bout à bout avec filtre polarisant, la barrette de gauche correspond au A1 MT et la barrette de droite correspond au A1 HT, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI.....	54
Figure 24 : Photographie de l'essayage des barrettes d'échantillon A1 HT et A1 MT par superposition, courtoisie du DR. G. PISKORSKI	55
Figure 25 : Photographie avec filtre polarisant de l'essayage des barrettes d'échantillon A1 HT et A1 MT par superposition, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI.....	55

Figure 26 : Photographies polarisées des essayages (en haut) par superposition, (en bas) en bout à bout, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI	56
Figure 27 : Interface en développement du logiciel Matisse®, l'application sera prochainement en mesure de proposer des solutions monolithiques.	58
Figure 28 : Photographie de face de la patiente, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	61
Figure 29 : Photographie initiale du cas, courtoisie du Dr G. PISKORSKI.....	62
Figure 30 : Photographies du cas et réalisation du wax-up virtuel, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	63
Figure 31 : Prise de teinte, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	63
Figure 32 : Détermination de l'épaisseur des préparations à l'aide d'un logiciel de CAO, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI	64
Figure 33 : Photographies des sélections de teintes des supports, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	65
Figure 34 : Choix proposés par l'application en fonction des informations données, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI	65
Figure 35 : Photographies de l'essayage avec teintiers spécifiques en bout à bout, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	66
Figure 36 : Photographies de l'essayage avec teintiers spécifiques par superposition, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI	66
Figure 37 : Photographies (en haut) du modèle et (en bas) des prothèses, courtoisie du Dr. G. PISKORSKI	67
Figure 38 : Photographies de la pose du champ opératoire, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	67
Figure 39 : Photographie du résultat en post-opératoire, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	68
Figure 40 : Photographie finale à trois semaines post-opératoires, courtoisie du Dr G. PISKORSKI	69

11. Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différentes tailles, translucidités et teintes des blocs e.max® CAD disponibles	28
Tableau 2 : Indications des blocs e.max® CAD.....	31
Tableau 3 : Teintes disponibles dans l'application	43
Tableau 4 : Avantages et inconvénients de l'application.....	51

12. Références bibliographiques

1. Shevell SK. The Science of Color. 2^e éd. Amsterdam: Elsevier Science; 2003. 351 p.
2. Chu SJ, Devigus A, Paravina R, Mieleszko A. Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry. 2^e éd. Batavia: Quintessence Publishing Co; 2019. 168 p.
3. Cochrane S. The Munsell Color System: A scientific compromise from the world of art. *Stud Hist Philos Sci Part A*. 2014;47:26-41.
4. Carter, E.C., Schanda JD, Hirschler, R, Jost, S., Luo, M.R., Melgosa, M., et al. CIE 015:2018 Colorimetry, 4th Edition. Vienne: Commission Internationale de l'Eclairage; 2018 p. 111.
5. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH, et al. Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *Kaohsiung J Med Sci*. 2012;28(9):490-4.
6. Dimitrova M, Corsalini M, Kazakova R, Vlahova A, Barile G, Dell'Olio F, et al. Color stability determination of CAD/CAM milled and 3D printed acrylic resins for denture bases: a narrative review. *J Compos Sci*. 2022;6(7):201.
7. Lasserre JF. Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles. *Clinic (Paris)*. 2007;28:417-430.
8. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*. 2000;83(4):418-23.
9. Zaruba M, Mehl A. Chairside systems: a current review. *Int J Comput Dent*. 2017;20(2):123-49.
10. Zhang Y, Kelly JR. Dental ceramics for restoration and metal veneering. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):797-819.
11. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2016;116(2):184-190.e12.
12. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*. 1997;128(3):297-307.
13. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2007;98(5):389-404.

14. Eldwakhly E, Ahmed DRM, Soliman M, Abbas MM, Badrawy W. Color and translucency stability of novel restorative CAD/CAM materials. *Dent Med Probl.* 2019;56(4):349-56.
15. Christensen GJ. Porcelain-fused-to-metal vs. nonmetal crowns. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(3):409-411.
16. Anusavice KJ, Phillips WR. Phillips' science of dental materials. 11^e éd. St. Louis, Mo.: WB Saunders; 2003. 851 p.
17. Sadowsky SJ. An overview of treatment considerations for esthetic restorations: A review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2006;96(6):433-442.
18. Poujade JM, Zerbib C, Serre D. Céramiques dentaires. *EMC - Dent.* 2004;1(2):101-117.
19. Dejou J. Les céramiques-support de cours [Internet]. Les céramiques. 2010 [consulté le 3 mai 2022]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/1883362-Support-de-cours-version-pdf-les-ceramiques-societe-francophone-de-biomateriaux-dentaires-j-dejou.html>
20. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent.* 2010;31(9):682-697.
21. Shenoy A, Shenoy N. Dental ceramics: an update. *J Conserv Dent JCD.* 2010;13(4):195-203.
22. Gracis S, Thompson V, Ferencz J, Silva N, Bonfante E. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015;28(3):227-235.
23. Jakubowicz-Kohen B. Emaillage de la zircone Y-TZP: les interactions à l'interface peuvent-elles expliquer la prévalence de l'écaillage? [Thèse de doctorat]. [Paris]: Université de Paris 13; 2019.
24. Guess P, Kulis A, Witkowski S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub J. Shear bond strength between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2008;24(11):1556-1567.
25. Zhang Y, Lee JJW, Srikanth R, Lawn BR. Edge chipping and flexural resistance of monolithic ceramics. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* 2013;29(12):1201-8.
26. Zarone F, Di Mauro MI, Ausiello P, Ruggiero G, Sorrentino R. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):134.
27. Zarone F, Ferrari M, Mangano FG, Leone R, Sorrentino R. "Digitally oriented materials": focus on lithium disilicate ceramics. *Int J Dent.* 2016;2016:1-10.

28. Ivoclar Vivadent. IPS e.max CAD [Internet]. Ivoclar. 2022 [consulté le 9 mai 2022]. Disponible sur : https://www.ivoclar.com/fr_fr/products/digital-processes/ips-e.max-cad
29. Willard A, Gabriel Chu TM. The science and application of IPS e.max dental ceramic. Kaohsiung J Med Sci. 2018;34(4):238-42.
30. Ivoclar Vivadent. IPS e.max CAD instructions for use [Internet]. Ivoclar. 2009 [consulté le 14 juill 2022]. Disponible sur: https://asset.cddocs.com/uploads/forum/attachments/246820/IPSe1max_CAD_IFU.pdf
31. Fabian Fonzar R, Carrabba M, Sedda M, Ferrari M, Goracci C, Vichi A. Flexural resistance of heat-pressed and CAD-CAM lithium disilicate with different translucencies. Dent Mater. 2016;33(1):63-70.
32. Lasserre J. Fusion : L'art et la nature dans les restaurations céramiques. 1^{re} éd. Berlin Quintessence International; 2020 . 756 p.
33. GC. Initial LiSi Block – campaigns-gceurope [Internet]. GC. 2022 [consulté le 15 août 2022]. Disponible sur: <https://campaigns-gceurope.com/initial-lisi-block/?lang=fr>
34. Lasserre J, Pop S, D'inciau E. La couleur en odontologie : détermination visuelles et instrumentales. Cah Prothèse. 2006;(135);25-39.
35. Çapa N, Malkondu O, Kazazoğlu E, Çalikkocaoğlu S. Evaluating factors that affect the shade-matching ability of dentists, dental staff members and laypeople. J Am Dent Assoc. 2010;141(1):71-76.
36. Yılmaz B, Irmak Ö, Yaman BC. Outcomes of visual tooth shade selection performed by operators with different experience. J Esthet Restor Dent. 2019;31(5):500-507.
37. Borse S, Chaware SH. Tooth shade analysis and selection in prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. J Indian Prosthodont Soc. 2020;20(2):131-140.
38. King KA, deRijk WG. Variations of L*a*b* values among vitapan classical shade guides. J Prosthodont. 2007;16(5):352-356.
39. Śmielecka M, Dorocka-Bobkowska B. Effects of different light sources on tooth shade selection. Dent Med Probl. 2020;57(1):61-66.
40. D'inciau E, Pia JP, Pivet J. Couleur et choix de la teinte en odontologie. In: Esthétique en odontologie. CdP. Paris; 2014. p. 23-37.
41. Vita. VITA Easyshade® V [Internet]. VITA Zahnfabrik. 2022 [consulté le 9 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-Easyshade-V-78901.html>

42. Smile line. Optishade styleitaliano [Internet]. Smile line made in switzerland. 2022 [consulté le 15 août 2022]. Disponible sur: <https://www.smileline.ch/en/products/optishade-styleitaliano>
43. Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. *Int J Esthet Dent*. 2017;12(2):186-202
44. Ivoclar Vivadent. Teintier pour support IPS Natural Die Material [Internet]. Ivoclar. 2022 [consulté le 16 mai 2022]. Disponible sur: https://www.ivoclar.com/fr_ca/shop/p/allceramics/ipsnaturaldiematerialshadeguide/p/597090
45. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent*. 2014;111(1):42-50.
46. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent*. 2000;83(4):412-417.
47. Nakamura T, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S. Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns. *J Oral Rehabil*. 2002;29(9):805-809.
48. Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dent Mater*. 2009;25(2):158-165.
49. Chaiyabutr Y, Kois JC, LeBeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent*. 2011;105(2):83-90.
50. Czigola A, Abram E, Kovacs ZI, Marton K, Hermann P, Borbely J. Effects of substrate, ceramic thickness, translucency, and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(5):457-464.
51. Pires LA, Novais PMR, Araújo VD, Pegoraro LF. Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent*. 2017;117(1):144-149.
52. Carossa S, Lombardo S, Pera P, Corsalini M, Rastello M, Preti G. Influence of posts and cores on light transmission through different all-ceramic crowns: spectrophotometric and clinical evaluation. *Int J Prosthodont*. 2001;14(1):9-14.
53. GC. Essentia [Internet]. GC. 2020 [consulté le 1 mai 2022]. Disponible sur: <https://europe.gc.dental/fr-FR/products/essentia>
54. Arif R, Yilmaz B, Mortazavi A, Ozcelik TB, Johnston WM. Effect of metal opaquer on the final color of 3 ceramic crown types on 3 abutment configurations. *J Prosthet Dent*. 2018;120(3):375-381.

55. Margossian P, Laborde G. Propriétés optiques des systèmes céramo-céramiques : implications cliniques. *Réal Clin*. 2010;21(3):41-51.
56. Touati B, Miara P. Light Transmission in Bonded Ceramic Restorations. *J Esthet Restor Dent*. 1993;5(1):11-18.
57. Bacchi A, Boccardi S, Alessandretti R, Pereira GKR. Substrate masking ability of bilayer and monolithic ceramics used for complete crowns and the effect of association with an opaque resin-based luting agent. *J Prosthodont Res*. 2019;63(3):321-6.
58. Hernandez DKL, Arrais CAG, Lima E de, Cesar PF, Rodrigues JA. Influence of resin cement shade on the color and translucency of ceramic veneers. *J Appl Oral Sci*. 2016;24(4):391-6.
59. LabMatisse. Matisse [Internet]. Matisse. 2020 [consulté le 3 août 2022]. Disponible sur: <https://matisse.ai/user-guide/doc/#a-welcome-message>

Le choix du bloc en vitrocéramique enrichie en disilicate de lithium (e.max® CAD) en fonction de la situation clinique / **Léon MFABO**. - p. 79 : ill. 40 ; réf. 59.

Domaines : Prothèse fixée

Mots clés Libres : Vitrocéramique, Disilicate de lithium, Monolithique, CFAO

Résumé de la thèse en français

En restauration prothétique, le dentiste fait face à un large choix d'outils et de techniques concernant les possibilités de traitement. Les vitrocéramiques enrichies en disilicate de lithium monolithiques usinées offrent de bonnes propriétés fonctionnelles et esthétiques car ces dernières sont proches des propriétés de l'organe dentaire. Elles présentent donc un intérêt important de par leur biomimétisme.

Certains outils et techniques possèdent des avantages et des limites qu'il est important de connaître avant d'entreprendre une reconstitution prothétique pour que le traitement se déroule au mieux et que le rendu esthétique soit optimal. L'essor des systèmes CFAO direct a permis une évolution technologique dans la prise en charge des restaurations.

Notamment, depuis 2018, une application SNAApp développée par VIVADENT a pour but d'aider le praticien à choisir le bon bloc.

Néanmoins, ces outils restent perfectibles et encore trop récents pour bénéficier d'un recul clinique sur le gain apporté de cette application sur les restaurations. Pour pallier les limites de l'application, un usage couplé de l'application SNAApp avec l'utilisation des teintiers spécifiques permettrait une meilleure maîtrise des biais possibles et une approche plus complète pour le traitement. Cet usage couplé est illustré par la création d'un protocole de restauration.

JURY :

Président : Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs : Docteur Philippe BOITELLE

Docteur Corentin DENIS

Docteur Guillaume PISKORSKI