



HAL
open science

Intégration de l’empreinte optique intra-orale au sein du service de réhabilitation orale de l’hôpital Timone : protocole clinique

Alexis Stefani

► To cite this version:

Alexis Stefani. Intégration de l’empreinte optique intra-orale au sein du service de réhabilitation orale de l’hôpital Timone : protocole clinique. Chirurgie. 2021. dumas-03656969

HAL Id: dumas-03656969

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03656969v1>

Submitted on 2 May 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THESE

***POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Intégration de l'empreinte optique intra-orale au sein
du service de réhabilitation orale de l'hôpital Timone :
Protocole Clinique***

Présentée par

STEFANI Alexis

Né(e) le 02/09/1997

A Marseille

Thèse soutenue le **Judi 21 Octobre 2021**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RUQUET Michel

Assesseurs : Professeur RASKIN Anne

Docteur MAILLE Gérald

Docteur BALLESTER Benoît

Invité : Docteur SILVESTRI Frédéric

THESE

***POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Intégration de l'empreinte optique intra-orale au sein
du service de réhabilitation orale de l'hôpital Timone :
Protocole Clinique***

Présentée par

STEFANI Alexis

Né(e) le 02/09/1997

A Marseille

Thèse soutenue le **Judi 21 Octobre 2021**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RUQUET Michel

Assesseurs : Professeur RASKIN Anne

Docteur MAILLE Gérald

Docteur BALLESTER Benoît

Invité : Docteur SILVESTRI Frédéric

ADMINISTRATION

Mise à jour : sept. 2020

Doyens Honoraires
SANGIUOLO†

Professeur Raymond

Professeur Henry ZATTARA
Professeur André SALVADORI
Professeur Jacques DEJOU

Doyen
Assesseurs

Professeur Bruno FOTI
Professeur Michel RUQUET
Professeur Anne RASKIN

Directeurs de Départements

Formation Initiale

Professeur Michel RUQUET

Recherche
Formation Continue

Professeur Anne RASKIN
Professeur Frédéric BUKIET

Charges de missions

Relations Internationales
Internat et Diplômes d'études spécialisées
CORTI
Affaires générales

Professeur Hervé TASSERY
Professeur Virginie MONNET-
Docteur Patrick TAVITIAN

Responsable des Services Administratifs et Techniques

Madame Katia LEONI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (56-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
ORTHLIEB Jean-Daniel (58-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS EMERITES

DEJOU Jacques
HUE Olivier

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	LAURENT Patrick (57-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MAILLE Gérald (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TERRER Elodie (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES ASSOCIES

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (56-01)
MENSE Chloé (58-01)
SILVESTRI Frédéric (58-01)

ASSISTANTS HOSPITALIERS ET UNIVERSITAIRES

AL AZAWI Hala ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾	HAHN-GOLETTI Larissa ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
ANTEZACK Angeline ⁽⁵⁷⁻⁰¹⁾	LAURENT Camille ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
ARNIER Canelle ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾	LIOTARD Alicia ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
BAUDINET Thomas ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾	MADENIAN Pauline ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
BRINCAT Arthur ⁽⁵⁷⁻⁰¹⁾	MANSUY Charlotte ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
BROS Agnès ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾	MARTIN William ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾
CASAZZA Estelle ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾	MATERRA Rémi ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
CASTRO Romain ⁽⁵⁷⁻⁰¹⁾	PARFU Anne ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
CHIARINI Thomas ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾	PASCHEL Laura ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
DAVID Laura ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾	PILLIOL Virginie ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
DRAUSSIN Thierry ⁽⁵⁷⁻⁰¹⁾	ROUSCOFF Eva ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾
DUMAS Cathy ⁽⁵⁷⁻⁰¹⁾	SANTUNIONE Charlotte ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾
FAURE-BRAC Mathias ⁽⁵⁷⁻⁰¹⁾	VINAÏ Michael ⁽⁵⁶⁻⁰¹⁾
FERRE Enzo ⁽⁵⁸⁻⁰¹⁾	
HADJ-SAID Mehdi	

ASSISTANTS DES UNIVERSITES ASSOCIES

GRINE Ghilès (57-01)
HOUVENAEGHEL Brice (57-01)

Intitulés des sections CNU :

- 56^{ème} section : Développement, croissance et prévention
 - 56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale
 - 56-02 : Prévention – Épidémiologie – Économie de la santé – Odontologie légale
- 57^{ème} section : Chirurgie orale ; Parodontologie ; Biologie Orale
 - 57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale
- 58^{ème} section : Réhabilitation orale
 - 58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

A Monsieur le professeur Michel Ruquet

Merci de nous faire l'honneur de présider mon jury de thèse.
Vous êtes un modèle pour nous, tant par votre gentillesse, que par la qualité de votre travail mais également pour votre écoute et votre implication auprès des étudiants.

A Madame la professeure Anne Raskin

Merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Je vous remercie pour cette année passée avec vous au sein du service d'odontologie hospitalière.

Je vous remercie également de votre bienveillance, de votre gentillesse, d'avoir toujours été à l'écoute et disponible quand on en avait besoin.

A Monsieur le docteur Gérald Maille

Merci d'avoir accepté de diriger ce travail.

Je vous remercie de votre disponibilité, de votre aide, et de votre implication lors de la rédaction de cette thèse.

Je vous remercie également pour ces trois années de clinique à vos côtés, à la fois pour la qualité de votre enseignement mais également pour votre implication auprès des étudiants

A Monsieur le docteur Benoit Ballester

Merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Vous êtes un exemple pour nous jeunes dentistes, par vos connaissances, votre pédagogie, et votre gentillesse.

Merci également pour votre implication auprès des étudiants et d'être toujours disponible quand on en a besoin.

A Monsieur le docteur Frédéric Silvestri

Merci d'avoir accepté mon invitation

Je vous remercie pour ces trois années de clinique passées à vos cotès. Merci pour ces matinées cultures autour du petit déjeuner.

Mais je vous remercie surtout pour votre implication, votre enseignement et pour le partage de vos connaissances.

Table des matières :

I-Introduction :	1
II-Historique de la mise en place du flux numérique au sein du service de réhabilitation orale de la Timone	3
1-Intérêt de l'intégration du numérique dans la pratique hospitalière	3
2-Rappels sur le numérique.....	5
3- Description du projet.....	11
4- Description de la caméra 3 SHAPE Trios 3 (20).....	14
III- Mise en place du projet	15
IV- Mise en place de protocoles pour la réalisation de travaux numériques à l'hôpital	18
1- Matériel nécessaire à l'utilisation de la Caméra.....	18
2-Protocole de réalisation d'une empreinte optique	23
V-Conclusion, Évolution et Perspective	35

Bibliographie

Annexes :

Annexe 1 : Procédure de calibration 3D de la caméra

Annexe 2 : Procédure de calibration couleur de la caméra

Annexe 3 : Procédure de préparation du fichier patient

Annexe 4 : Procédure de numérisation

I-Introduction :

Aujourd'hui, la prise d'empreinte est l'un des fondamentaux de la pratique du chirurgien-dentiste.

Ce sont ces empreintes qui vont permettre au chirurgien-dentiste et au prothésiste de communiquer.

L'empreinte est la dernière étape de la phase clinique et la première étape de la chaîne de laboratoire. Elle constitue l'étape de communication la plus importante entre le praticien et le prothésiste.

De la qualité des empreintes, du nombre et de la précision des éléments morphologiques enregistrés dépend donc la fidélité du modèle de travail sur lequel sont ajustées les pièces prothétiques qui devront répondre *in fine* à l'ensemble des critères cliniques d'intégration esthétique, biologique et fonctionnelle requis. (1)

Aujourd'hui, nous pouvons dire que nous sommes entrés dans l'ère du numérique que ce soit pour la gestion des dossiers, la radiographie 2D ou 3D et la prise des empreintes.

Même si cette révolution numérique semble récente, les premières empreintes optiques remontent aux années 70 par François Duret qui posa les bases de l'empreinte optique et de la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur)

Cela fait donc plus de 40 ans que la CFAO se substitue progressivement aux outils et techniques odontologiques conventionnelles.

Depuis leur création, les scanners et caméras intra-orales ont connu de nombreuses évolutions et trouvent aujourd'hui leur place au sein des cabinets dentaires avec de nombreuses indications en omni-pratique mais également dans les différents domaines de l'odontologie.

La réalisation de ce type d'empreintes dites dématérialisées pourrait, selon le Professeur François Duret, apporter « une réponse aux nombreuses imprécisions de la chaîne prothétique » (2) et en particulier une réponse aux nombreuses limites connues et reconnues des empreintes conventionnelles : les étirements de matériaux d'empreinte, les déchirures, les bulles d'air ainsi que les sources d'erreurs liées aux étapes de traitements qu'elles subissent.

Il apparait donc indispensable d'inclure la CFAO dans le cursus universitaire tant au niveau théorique qu'au niveau pratique, car la CFAO fera partie intégrante du quotidien des chirurgiens-dentistes de demain.

Il est donc essentiel de familiariser les étudiants au numérique.

Cette intégration de la CFAO s'est en première partie faite à la rentrée 2018-2019 au niveau universitaire au niveau théorique mais également avec la mise en place de travaux pratiques.

Elle s'est ensuite poursuivie à la rentrée universitaire 2020-2021 au niveau hospitalier grâce à l'acquisition de deux caméras 3 Shape Trios3, permettant ainsi aux étudiants de mettre directement en application leurs connaissances théoriques.

Nous aborderons dans une première partie, l'intérêt de l'intégration de la CFAO dans la pratique hospitalière ; après un rappel sur les fondamentaux du numériques, nous présenterons le projet qui a été proposé afin de répondre aux différents objectifs.

Dans une deuxième partie nous détaillerons comment s'organise le projet qui a été mis en place au sein du pôle odontologie de la Timone.

Enfin, nous présenterons les différents protocoles élaborés pour la réalisation d'empreintes optiques à destination des différents utilisateurs.

II-Historique de la mise en place du flux numérique au sein du service de réhabilitation orale de la Timone

1-Intérêt de l'intégration du numérique dans la pratique hospitalière

Chaque année, le pôle odontologie de l'APHM accueille 70 000 Marseillais et Provençaux pour des soins dentaires. Du détartrage à la pose d'implants, de l'orthodontie à la réalisation de prothèses, tous les soins proposés dans un cabinet dentaire sont réalisés à la fois par des praticiens qualifiés et, c'est la particularité de l'odontologie, par des étudiants.

Cette vocation d'enseignement nécessite que l'ensemble des étapes soit parfaitement protocolés et corresponde aux enseignements pédagogiques dispensés à l'Université. Empreinte globale, enregistrement et montage systématique sur simulateur, étapes de contrôle et d'essayage, dessin de châssis standardisés, guide chirurgicaux... sont autant d'exemples d'étapes nécessaires à la construction des savoirs et savoir-faire pour les futurs praticiens

Par ailleurs, depuis maintenant plus de 40 ans, la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) a considérablement évolué allant du simple scannage du modèle, à la prise d'empreinte optique et à la réalisation complète de la prothèse.

L'exercice des chirurgiens-dentistes est donc en perpétuelle évolution, il est donc nécessaire de s'y adapter.

De nombreux systèmes d'empreintes optiques intrabuccales de plus en plus performants sont proposés par les industriels, plaçant ainsi les chirurgiens- dentistes comme premier maillon de la chaîne numérique.

Travailler par CFAO, c'est exploiter de façon consciente et raisonnée les potentialités du numérique, de la robotique et de l'informatique dédiées à la pratique de l'odontologie.

La CFAO est un moyen, un mode de travail permettant la réalisation prothétique, ce n'est donc pas une finalité en soi.

C'est un outil conditionnant le plan de traitement, les protocoles opératoires et dans le cas de la CFAO directe, toute l'organisation du cabinet. La CFAO doit être considérée comme une chance d'améliorer la qualité des traitements : il s'agit d'une avancée technologique permettant d'assurer un haut niveau de soins à l'hôpital.

Il est nécessaire de mettre en avant une opportunité de voir diminuer certains coûts de production (temps de réalisation, coût de l'élément prothétique...). Si l'on choisit un système de CFAO indirecte, la fabrication délocalisée évite d'immobiliser des praticiens pour faire le travail du laboratoire et permet d'espérer une qualité supérieure et plus constante.

De plus, dans un souci permanent d'offrir aux patients des soins de qualité et de faire bénéficier les étudiants des technologies les plus récentes dans leur parcours de formation, l'intégration du numérique est une nécessité.

L'intégration du numérique au sein du service hospitalier est également une nécessité dans la continuité de l'apprentissage de la CFAO par les étudiants.

En effet depuis la rentrée 2018-2019 la faculté d'odontologie d'Aix-Marseille possède deux caméras Trios 3 Shape en association avec un programme transversal, au cours de DFGSO2 et DFGSO3 permettant aux étudiants de s'initier à la CFAO dès leur 2ème année.

Il est donc indispensable d'intégrer la CFAO dans la pratique hospitalière afin d'assurer une continuité pédagogique.

2-Rappels sur le numérique

La CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) se décompose en 3 parties :

⇒ **L'acquisition (l'empreinte optique)**, est la première étape de la chaîne numérique, c'est à partir de cette empreinte que dépendra la qualité des restaurations prothétiques. L'empreinte optique présente de nombreux avantages :

- Permet l'obtention de données précises avec un résultat qui est inaltérable
- Peut être modifiée et complétée à tout moment
- Permet de contrôler la qualité de la préparation et de la reprendre si besoin
- Les étapes de désinfection et de conditionnement ne sont plus nécessaires
- La durée pour la réalisation d'une empreinte optique varie entre 2 et 5 min. (3)

⇒ **La conception assistée par ordinateur (CAO)** qui permet de modéliser de façon virtuelle, le projet prothétique.

Elle remplace les maquettes en cire des prothésistes.

Elle consiste à matcher un modèle informatique, ainsi que d'autres informations pertinentes sur une image réelle correspondante.

Les logiciels permettent une modélisation en 3D, anticipant et simulant ainsi les futures pièces prothétiques. Le réglage des points de contact, de l'occlusion, et de l'axe d'insertion peuvent être réalisés virtuellement (4)

⇒ **La fabrication assistée par ordinateur (FAO)**, va permettre la matérialisation de la pièce prothétique qui a été conçue lors de l'étape de CAO. (4) Les processus de FAO visent à automatiser et à réduire le temps de production des pièces prothétiques. Le nombre d'étapes de production est également réduit ce qui devrait diminuer le nombre d'erreurs lors de la réalisation de la pièce prothétique et donc avoir un résultat plus fiable.

La FAO, consiste en deux principales opérations :

- La préparation de la fabrication en fonction du procédé de mise en forme et du matériau utilisé.
- La création des séquences de mise en forme d'une ou de plusieurs maquettes numériques à fabriquer simultanément. (5)

A l'heure actuelle on distingue deux grandes familles de FAO :

- **La méthode soustractive ou Usinage** : Une machine-outil à commande numérique fonctionne par soustraction de matière. C'est ce que l'on appelle une usineuse.

Elle dispose d'un ensemble de fraises et d'une barre d'usinage disposés selon 3, 4 ou 5 axes permettant de soustraire de la matière à un bloc fixé sur la barre d'usinage conformément aux informations reçues par le logiciel de FAO correspondant. (6)

- **La méthode additive ou Impression 3D** : Elle se différencie des techniques de fabrication dites « de soustraction » par un apport successif de matériaux couches par couches à l'aide d'une imprimante 3D. Cet empilement de couches aboutit finalement à un objet en 3D respectant les volumes et les propriétés prédéfinies par le concepteur. (6)

Il existe actuellement 3 types de **CFAO dentaires** : **indirecte, directe ou semi directe.** (5)

⇒ **La CFAO indirecte** (Fig. 1) consiste à prendre une empreinte conventionnelle, dite physico-chimique. Cette empreinte sera ensuite directement numérisée à l'aide d'un scanner, dans un laboratoire ou dans un centre délocalisé si le laboratoire n'est pas équipé. Ou alors l'empreinte peut être coulée et ce sera le modèle en plâtre qui sera numérisé. La fabrication de la pièce prothétique se fera également elle aussi au laboratoire ou dans un centre délocalisé. (5) (8)

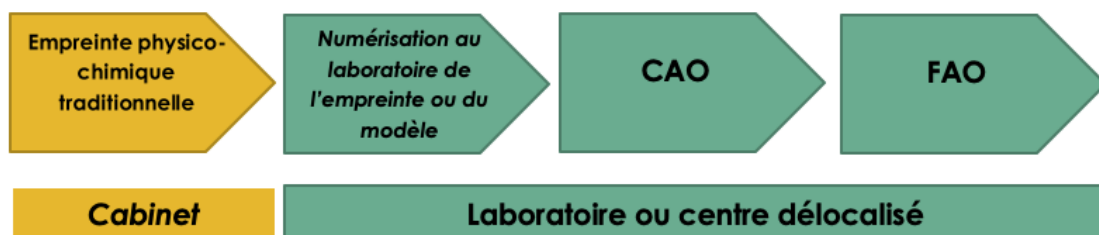


Fig. 1 : Processus de CFAO indirecte

⇒ **La CFAO directe** (Fig. 2) ou **chairside** qui consiste à prendre une empreinte optique directement en bouche à l'aide d'un scanner intra-orale mais cette fois-ci la **Conception** et la **Fabrication** de l'élément prothétique seront réalisées directement au cabinet dentaire. C'est-à-dire que l'empreinte est directement traitée au cabinet sur un ordinateur équipé d'un logiciel permettant la modélisation virtuelle de la pièce prothétique. La pièce est ensuite usinée par une unité de fabrication autonome intégrée au cabinet et pilotée par l'ordinateur. (4) Cela a pour principal avantage de réaliser des séances uniques

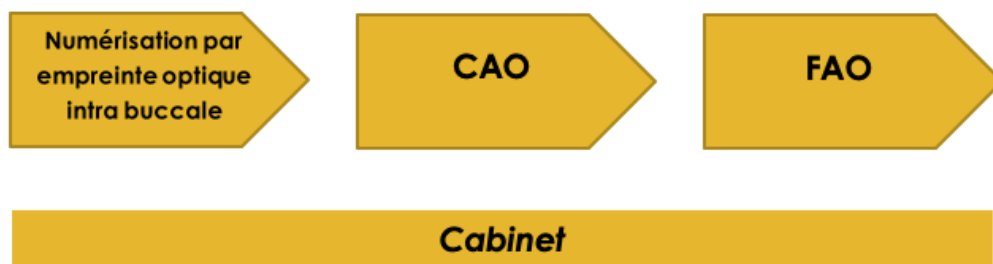


Fig. 2 : Processus de CFAO directe, ou chairside

⇒ **La CFAO semi-directe** (Fig. 3) qui est une méthode hybride entre la CFAO directe et indirecte, elle consiste à prendre une empreinte optique directement en bouche à l'aide d'une caméra intra-orale. La modélisation peut ensuite être réalisée de deux façons :

- Directement au cabinet si le praticien dispose d'un logiciel de CAO
- Directement au laboratoire si le cabinet ne possède pas d'un logiciel de CAO

La fabrication est ensuite réalisée au laboratoire ou dans un centre délocalisé. (5) (7)

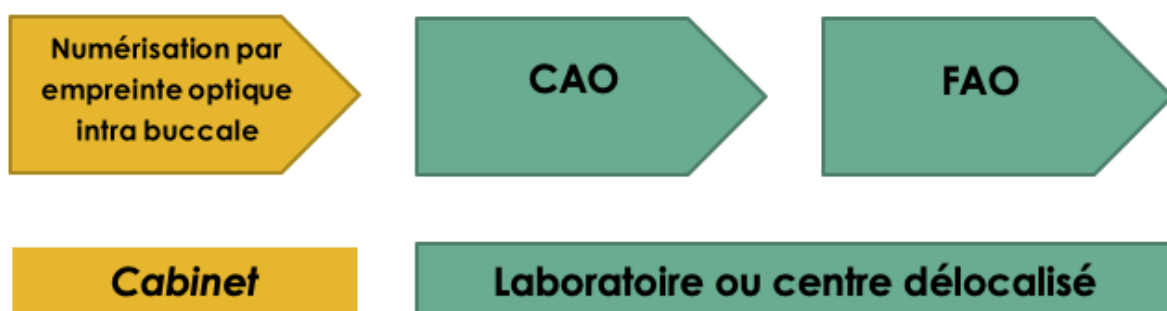


Fig. 3 : Processus de CFAO semi-directe

Le premier maillon de la séquence de CFAO est **l’empreinte optique** qui se définit comme la projection d’un signal lumineux sur les surfaces dentaires.

Le signal réfléchi sera recapté par la caméra ce qui permettra de recréer le modèle en **3 dimensions**.

Le principe de fonctionnement est simple, le scanner va émettre une lumière au contact des surfaces dentaires, la lumière émise va ensuite subir des perturbations au contact des surfaces à enregistrer, le capteur présent sur la caméra va enregistrer les coordonnées tridimensionnelle (x,y,z) des différentes perturbations de la lumière, formant ainsi un ensemble de points, appelé maillage de points. (6) (9)

Aujourd’hui il existe deux grands procédés de numérisation, **la numérisation tactile et la numérisation non tactile** :

La numérisation tactile est une numérisation mécanique. Il existe un contact direct, physique entre un palpeur et la surface à enregistrer. Le palpeur se déplace autour du modèle tandis que ce dernier reste fixe. (Fig.4a). A ce jour, il n’y a pas d’utilisation de ce type de numérisation en bouche car le système de palpation est trop volumineux et la surface à enregistrer doit rester parfaitement immobile. De plus l’inconvénient majeur est lié à un manque de précision car il est impossible d’enregistrer les détails qui sont inférieurs au diamètre du palpeur (Fig.4b). Ce mode de numérisation est aujourd’hui obsolète. (6) (10)



Fig. 4a : Scannage par palpation, scanner nobel biocare

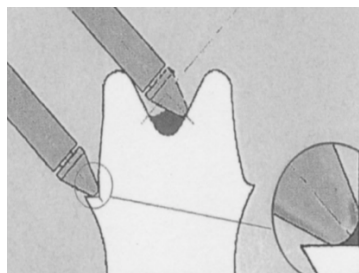


Fig. 4b : Manque de précision lors de l'enregistrement des zones anguleuses

A l'heure actuelle la majorité des scanners utilise le principe de la **numérisation non tactile, dite optique**. Le principe résulte dans le fait de projeter à la surface d'un objet à numériser une onde grâce à un émetteur, l'objet provoque la perturbation de cette projection qui sera mesurée par un récepteur afin d'obtenir les coordonnées spatiales des différents points de l'objet (11)

Les Scanners sont généralement classés selon 3 technologies :

- **La triangulation active**
- **La tomographie optique de cohérence ou technique du moiré**
- **Le principe de focalisation-défocalisation/Active Wavefront Sampling**

La Triangulation active : Elle reprend le principe de la vision de l'œil humain. Un émetteur émet une source de lumière sous forme d'un point, d'une ligne ou d'un plan, le faisceau de lumière est ensuite réfléchi par la surface à enregistrer, puis enregistré par un capteur photosensible qui converti le rayonnement électromagnétique en signal électrique analogique.

La connaissance de certains paramètres permet par de simples calculs trigonométriques de déterminer les coordonnées 3D (x,y,z) de chacun des points enregistrés. Ce signal est ensuite amplifié et converti par un convertisseur analogique-numérique en image numérique. (6) (12) (13) (14)

On parle de triangulation car le système est composé :

- **D'un émetteur** : qui émet un rayonnement lumineux
- **L'objet à enregistrer** : qui réfléchit la source lumineuse
- **Un capteur** : qui enregistre la déformation de la lumière engendrée par sa réflexion sur l'objet

L'ensemble formant un triangle.

La Tomographie Optique de Cohérence : La tomographie optique de cohérence utilise l'émission de lumière structurée sous forme de franges.

Le principe de la tomographie optique de cohérence est de séparer la source lumineuse en deux faisceaux lumineux afin que celui-ci se dirige vers un miroir de référence et sur l'objet à mesurer.

C'est l'interférence de la réflexion de ces deux faisceaux qui fournira les informations concernant la distance des différents points de l'objet appelé moiré.

Dans le cas d'une empreinte optique, afin d'obtenir les coordonnées dans les 3 dimensions de l'espace on multiplie les miroirs de référence. De plus, la prise d'empreinte intra-buccale nécessitant une acquisition des informations rapide, on utilise des micro-miroirs vibrant à 20000 cycles/sec. Cela va permettre l'acquisition rapide de nombreuses images qui, assemblées par le software, vont engendrer la reconstitution 3D des volumes bucco-dentaires. (15) (16)

Le principe de Focalisation/Défocalisation : C'est une méthode qui s'inspire de la microscopie confocale, avec l'utilisation d'une lentille et donc d'un plan focal.

Lorsque l'objet ne se situera pas dans le plan focal, celui-ci apparaîtra flou. L'objet à enregistrer est soumis à une projection de lumière structurée à travers la lentille qui elle, est mobile et en rotation. Celle-ci va permettre de prendre différents clichés comme s'il y avait plusieurs caméras avec plusieurs points de vue. (13) (18)

Pour la réalisation de l'empreinte optique il sera nécessaire d'avoir :

- **Un Scanner 3D composé :**
 - D'un ou plusieurs émetteurs
 - De capteurs spécifiques à la source émise
 - De convertisseur analogique numérique
- **D'un logiciel de modélisation sur ordinateur**



Fig.5 : Exemple d'une caméra (Trios Pod) reliée à un ordinateur

3- Description du projet

Un premier état des lieux avait été fait en 2011 concernant le numérique au sein de la pratique hospitalière.

Il en était ressorti une mise à disposition limitée d'un système de CFAO directe pour reconstitution partielle dans le département d'odontologie conservatrice, et la réalisation de travaux externalisés en CFAO, sans que l'étudiant « Prescripteur » en ait nécessairement conscience.

Depuis le premier état des lieux et les premières réflexions menées il s'est écoulé près de 10 années.

Ce premier travail de réflexion et de contextualisation aura permis d'aboutir sur un certain nombre de projet et d'intégrer le numérique à l'enseignement universitaire tel que nous le connaissons aujourd'hui, avec une adaptation certaine sur les projections faites à l'époque, relatives à un contexte, des connaissances et un environnement, très évolutifs.

Il apparait que cette intégration majeure s'est faite essentiellement dans la discipline de prothèse, à volume horaire et encadrement constant. Or, le numérique est par essence multidisciplinaire et transversal.

Concernant la pratique hospitalière, le pôle odontologie dispose depuis le premier semestre 2019 de deux caméras d'acquisition intra-orale de marque 3Shape® Trios3. Le financement externe de ce matériel (76 958 €) a été supporté par l'association Handident à hauteur de 5000€, d'une subvention de l'Agence Régionale de Santé, pour un montant de 38 379 € et du Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône pour un montant de 33 779 €

Ce parc restreint ne permet pas d'envisager un volume de production conséquent par flux numérique. Il s'agit principalement d'intégrer ces nouvelles technologies au sein du parcours de soins, de développer de manière transversale et multidisciplinaire les possibilités de flux numérique avec un partenaire extérieur en mesure de construire avec le pôle odontologie de l'APHM la pratique de demain.

Afin de mener à bien ce projet, nous avons établi un partenariat avec un prestataire extérieur afin de développer à la fois la prise d'empreinte numérique et le développement du flux numérique en complément des technologies traditionnelles.

Dans l'objectif de construire un partenariat solide, de renforcer l'enseignement, et de s'assurer d'une qualité des soins fournis aux patients, la gestion du flux numérique s'oriente sur deux axes essentiels :

- La procédure semi-directe :

Ce premier axe repose essentiellement sur l'utilisation des deux caméras intra-orales 3Shape® à disposition au sein de l'établissement.

Le flux numérique, sous format de fichier .stl, sera adressé vers le partenaire pour les réalisations prothétiques définies par l'ensemble des disciplines.

Dans un premier temps et pendant une première période, les réalisations seront qualifiées de simples (liste non exhaustive):

- Coiffe périphérique unitaires
- Inlay onlay,
- Inlay-core anatomique,
- Implant unitaire,
- Gouttière occlusale
- Travaux sur empreinte numérique « soins spécifiques » : handicap, PMF, fragilité.

Un groupe de travail numérique est mis en place afin d'assurer l'interface avec le partenaire et de faire évoluer tous les 6 mois les possibilités d'exploitation et optimiser le champ d'action. Cette interface a également vocation à ajuster en permanence la qualité des échanges et à apporter les éventuelles mesures correctives aux procédures.

- La procédure indirecte :

Le choix de ce type de procédure, en parallèle de la semi-directe, repose essentiellement sur deux éléments :

- La vocation d'enseignement du pôle, destiné à des étudiants en formation initiale, nécessite une approche des concepts fondamentaux et traditionnels qui sont nécessaires à la compréhension de la pratique professionnelle et notamment sur ces aspects numériques.
- La présence au sein de l'établissement d'un laboratoire interne dédié notamment à la prothèse amovible. Cette structure moderne, bien équipée, avec du personnel dynamique doit également bénéficier de cette évolution et participer à l'émancipation numérique du pôle.

C'est ainsi que pour répondre à ces deux éléments, la mise à disposition par le partenaire d'un scanner de laboratoire a été sollicité. Celui-ci, intégré au sein du laboratoire interne, après formation de nos personnels, permettra dans un premier temps de numériser des empreintes coulées sur site, et d'externaliser la fabrication d'éléments de prothèse partielle amovible (PEI, maquettes, châssis, gouttière, guides divers). En fonction de l'évolution et selon les demandes, il sera possible, dans un second temps, d'assurer certaines modélisations sur site.

Principaux objectifs du projet :

- Création d'un GT
- Projet structurant : dynamique transversale et pluridisciplinaire
- Formation des référents
- Définition des actes, réévaluation et évolution
- Évolution du laboratoire interne, possible évolution vers la directe
- Construction du partenariat et perspectives à 2, 4 et 6 ans
- Prévoir l'augmentation du parc et sa diversification



Fig.6 : Caméra Trios 3 Cart disponible au pavillon

4- Description de la caméra 3 SHAPE Trios 3 (19)

La TRIOS® 3 est commercialisée depuis 2013 par 3SHAPE® basée à Copenhague.

Elle est disponible sous trois formes :

- TRIOS CART : unité indépendante sur roulettes avec écran tactile (Fig.5)
- TRIOS POD : caméra qui se branche en USB sur un ordinateur
- TRIOS Chair intégration : caméra branchée au fauteuil

Elle est facile et rapide à prendre en mains, et peut être manipulée comme un stylo ou par la poignée. Elle possède un écran tactile Full HD avec visualisation 3D.

Cette caméra enregistre en couleur dans le format standard STL qui permet d'envoyer le fichier à n'importe quel laboratoire équipé d'un logiciel de conception numérique.

Avec cette caméra le poudrage n'est pas nécessaire pour la numérisation. L'occlusion peut être enregistrée par une simple numérisation en vestibulaire en position d'intercuspidie maximale.

Numérisation précise allant jusqu'à 1000 images 3D.

Elle permet également le choix de la teinte lors de l'empreinte.

La TRIOS est équipée de différentes applications à la fois pour la prothèse fixée, la prothèse amovible, l'implantologie et l'orthodontie.

L'embout est autoclavable et coûte environ 40 centimes par utilisation.

La TRIOS 3 utilise le principe de la microscopie confocale, il a été démontré qu'elle pourrait être l'un des meilleurs choix pour des mesures reproductibles et précises dans la cavité buccale du patient, nous pouvons également affirmer que les empreintes numériques réalisées à partir de la TRIOS 3 présentent une précision micrométrique et produisent généralement des données cliniquement acceptables. Elle convient parfaitement pour générer des données 3D pour les modèles de travail, les couronnes individuelles et les petits bridges. En revanche il semble que pour les restaurations de grande étendue, les empreintes optiques manquent encore d'une précision suffisante. (20)

III- Mise en place du projet

Le pavillon odontologie dispose donc de deux caméras Trios 3 équipées d'une interface de Trios 4.

Elles permettront dans un premier temps la réalisation de couronnes périphériques, de couronnes sur implant, d'inlay-onlay, d'inlay-core, de gouttières occlusales et de PMF.

La réalisation de ces travaux suivant une procédure de CFAO semi-directe nécessite un encadrement spécifique des échanges entre le laboratoire et le praticien prescripteur.

Chaque session de numérisation est sous la responsabilité stricte d'un enseignant.

1-Prise de rendez-vous

La salle 114 est équipée de deux fauteuils (A et B) avec chacun une caméra attitrée (Pavillon 1 et Pavillon 2). Il s'agit d'une salle de prise d'empreinte uniquement. Le patient est pris en charge avant/après dans le secteur d'activité concerné pour les soins préparatoires (dépose de provisoires, préparations, IDS...).

Sur chaque fauteuil, deux RDV sont possibles par vacation le matin (9h et 10h30) ; trois l'après-midi(14h, 15h30 et 17h).

Les rendez-vous sont pris exclusivement auprès du secrétariat prothèse du 1^{er} étage.

Devront être saisis en commentaires les noms de l'étudiant et de l'enseignant référent.

2-Remise du matériel

Pour chaque rendez-vous, le praticien recevra à la stérilisation, contre les étiquettes du patient, un embout de numérisation et un kit d'examen. L'embout de numérisation devra être rendu à la fin de la séance.

3-Déroulement de la séquence de numérisation

1. Allumer le PC et ouvrir la session
2. Allumer le Kart qui va être utilisé
3. Remplacer l'embout d'attente du scanner par l'embout de numérisation.
4. Créer le dossier patient et sélectionner le type de travail à réaliser (penser à noter une date de livraison).
5. Procéder à la numérisation,
6. Transférer les fichiers STL vers le PC
7. Couper et coller les 3 ou 4 fichiers STL sur clé USB
8. Éteindre le Kart, puis le PC
9. Désinfecter le scanner et l'écran à l'aide d'une lingette (Ne pas utiliser directement le spray)
10. Remettre l'embout d'attente sur le scanner et ramener l'embout de numérisation à la stérilisation.
11. Réaliser le bio-nettoyage du fauteuil.

4-Procédure de transfert vers le laboratoire

Dans l'attente d'une procédure automatisée, intégrée dans le logiciel Écho, qui interviendra lors du premier trimestre 2021, la procédure suivante est mise en place :

- Transfert des fichiers STL vers le laboratoire prestataire (Praticiens) :

Les fichiers STL qui ont été récupérés sur clé USB sont adressés par mail à l'adresse dédiée du laboratoire (digital.dentalesthetic@gmail.com) exclusivement via une adresse mail institutionnelle(prénom.nom@ap-hm.fr).

L'objet du message devra être sous le format : Fichiers STL + numéro fiche de laboratoire (*ex : Fichiers STL L2D3*).

La prescription pour le laboratoire se fera dans le corps du message (ex : *réalisation inlay 25, vitrocéramique, teinte A3*).

- Envois de la fiche de Labo (secrétariat) :

Les étapes préalables de création d'une FTA sur Echo sont identiques et conformes à la fiche de procédure de Gestion des flux de prothèses. Le secrétariat, imprime une fiche de laboratoire qui sera déposée par le praticien dans la bannette prévu à cet effet dans l'armoire de départ du local de gestion des flux. Il est impératif que le praticien justifie le départ sur Echo, pour valider le travail.

Le secrétariat édite une seconde fiche de labo au format .pdf qui est directement adressée vers le laboratoire par mail.

- Retour des travaux vers le pavillon :

Les travaux sont livrés au pavillon selon les mêmes modalités que pour le flux conventionnel ; des allers/retours éventuels suivront le flux de gestion des prothèses habituel.

IV- Mise en place de protocoles pour la réalisation de travaux numériques à l'hôpital

1- Matériel nécessaire à l'utilisation de la Caméra



Fig.7 : Embouts de caméra Trios3

Les caméras Trios 3 disponibles à l'hôpital de la Timone possèdent deux embouts :

- Un embout de protection à mettre sur la caméra lorsque celle-ci n'est pas utilisée (à droite sur la Figure 7)
- Un embout de scan, afin de permettre la réalisation des empreintes optique (à gauche sur la Figure 7)

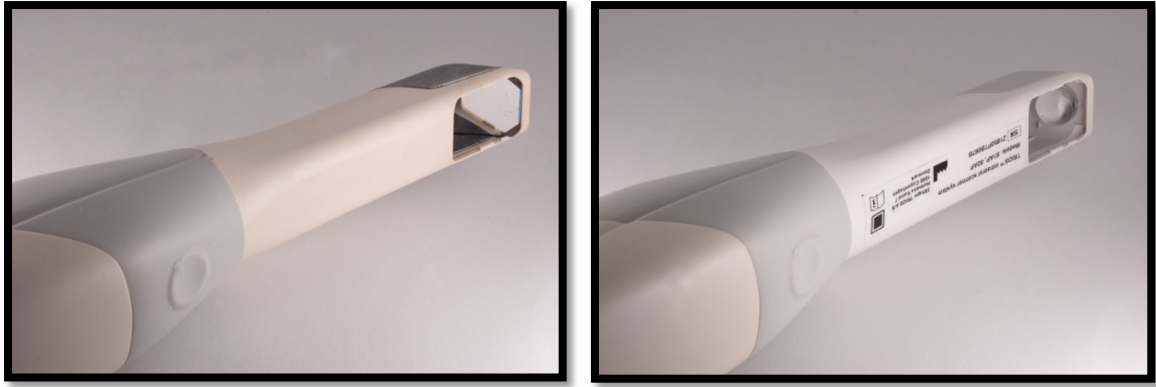


Fig.8 : Les deux embouts montés sur la caméra (à gauche l'embout de scan et à droite l'embout de protection)

Lors de la mise en route de la caméra, il peut arriver que celle-ci demande après un certain temps d'utilisation, une calibration 3D, ainsi qu'une calibration couleur. La Calibration est automatiquement demandée après 7j d'utilisation. Il est également recommandé d'effectuer les calibrations lorsque la caméra a été transporté ou lorsqu'elle a subi un écart important de température.

Si la calibration n'est pas réalisée régulièrement les empreintes numériques réalisées perdront en précision 3D et seront de moins bonne qualité.

La calibration 3D est réalisée grâce à l'embout de calibration 3D (Figure 9) qui se monte directement sur la caméra sans embout de scan. (Figure 10).

Une fois l'embout mis en place, il suffit de suivre les instructions sur l'écran d'accueil de la caméra.

La calibration dure à peu près 1min.



Fig.9 : Embout de calibration 3D



Fig.10 : Embout de Calibration 3D monté sur la caméra

Pour la calibration couleur celle-ci se fait à l'aide de la mire de calibration couleur (Figure 11).

A la différence de la calibration 3D, il est nécessaire de mettre un embout de scan sur la caméra pour pouvoir réaliser la calibration couleur.

La mire se glisse dans un support et l'ensemble (mire + support) se monte sur l'embout de scan.

Une fois le montage réalisé il suffit de suivre les instructions sur l'écran de la caméra.

Il faudra d'abord réaliser la calibration au niveau de la carte couleur, environ 10-20s, puis réaliser la calibration du côté gris, environ 30s



Fig.11 : Mire calibration couleur



Fig. 12 a : Ensemble Support, Mire et Embout de Scan monté sur la caméra

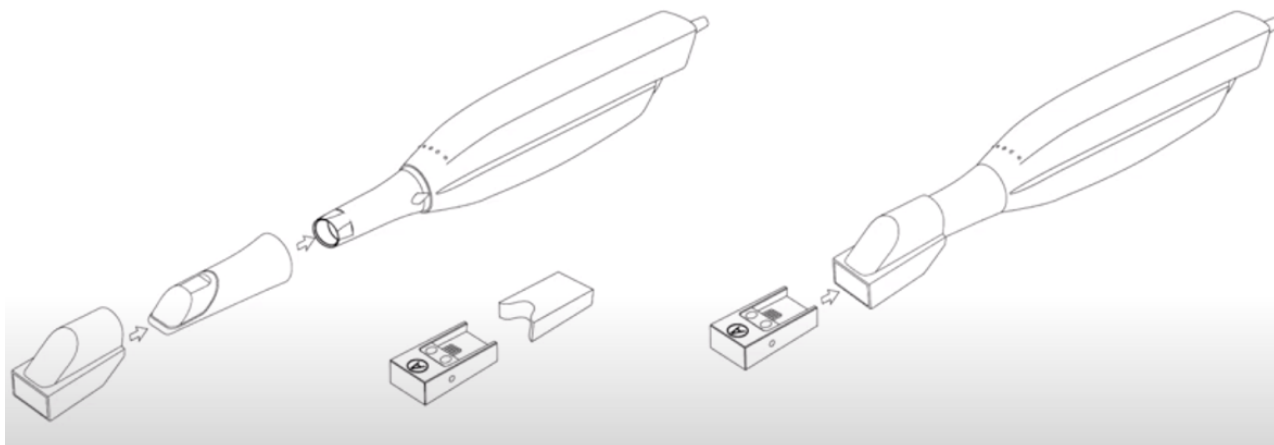


Fig.12 b : schéma de mise œuvre, mire couleur

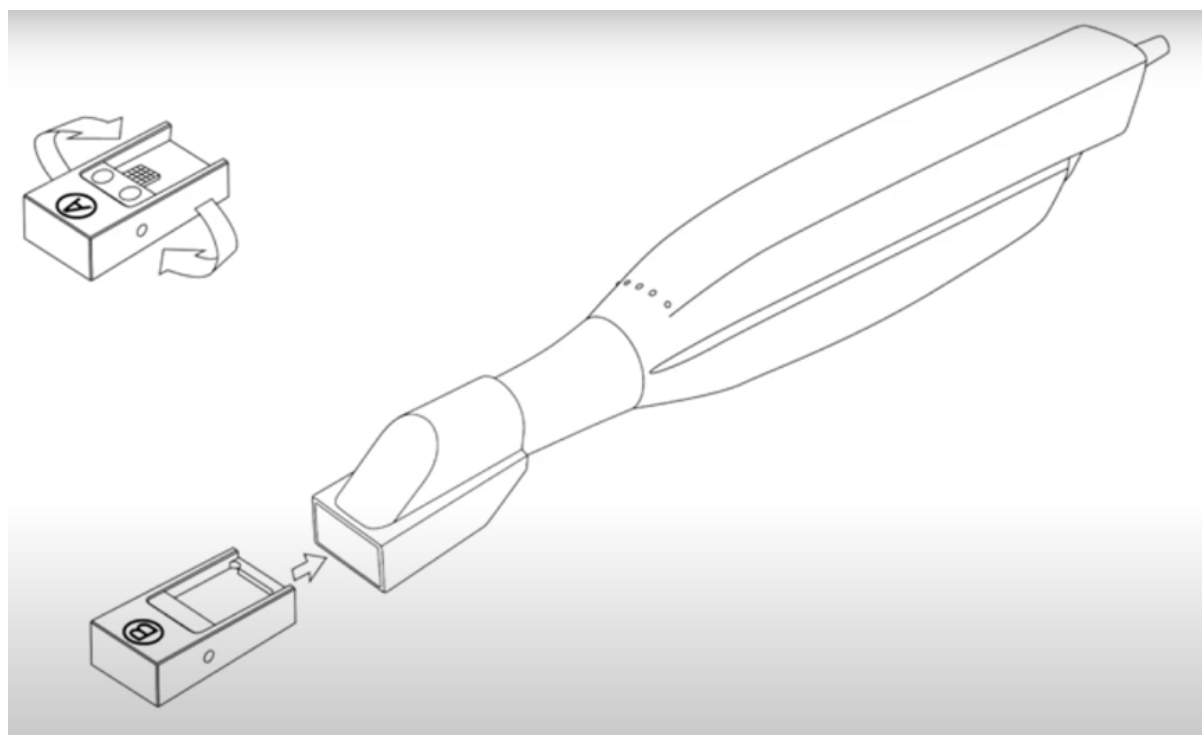


Fig.12c : schéma de mise œuvre, mire côté gris

2-Protocole de réalisation d'une empreinte optique

Dans cette partie, nous allons détailler pas à pas, le protocole de réalisation d'une empreinte optique avec les caméras Trios3 disponibles au pavillon odontologie de la Timone, de la création de la fiche patient à l'envoi du travail tout en passant par la numérisation.

Ce pas à pas simplifié est complété et détaillé en annexe avec 4 procédures distinctes :

- Procédure de calibration 3D de la caméra
- Procédure de calibration couleur de la caméra
- Procédure de préparation du fichier patient
- Procédure de numérisation

Ces fiches au format .pdf seront mise en ligne et disponibles sur l'Espace Numérique du Travail (Amétice). Un QR code associés permet de les rendre directement accessible à partir d'un Smartphone.

Étape 1 : Mise en route de la caméra

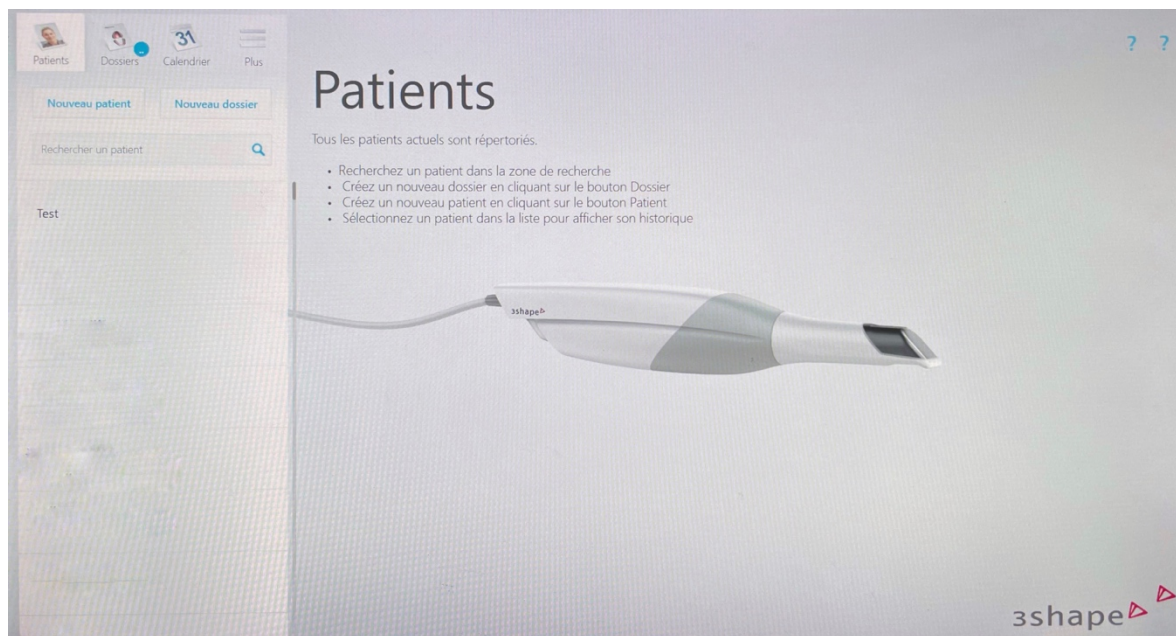


Fig. 13 : Écran d'accueil de la caméra

Étape 2 : Sélectionner **Nouveau Patient**, afin de créer une nouvelle fiche Patient. (Annexe III)

Une fenêtre s'ouvre afin de renseigner les informations du patient

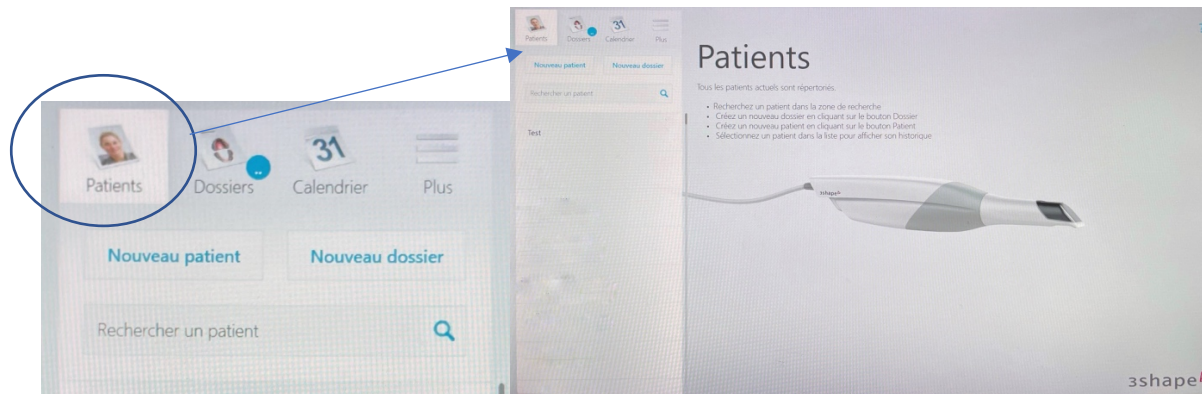


Fig. 14 : Création de la fiche patient

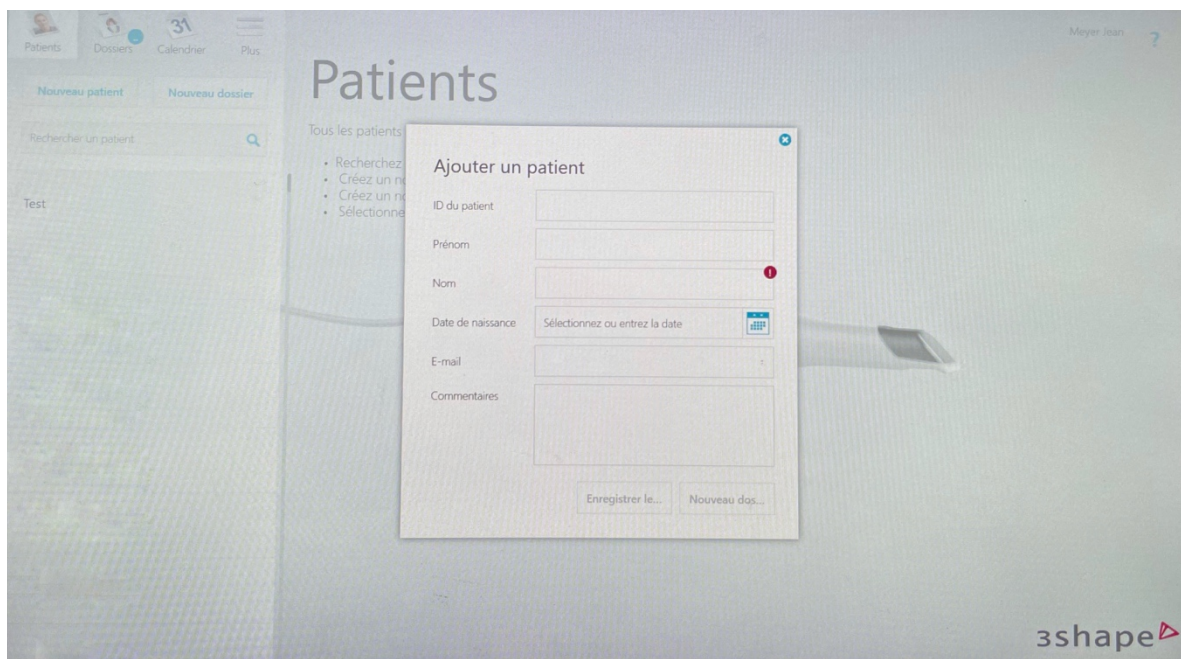


Fig. 15 : Informations à remplir pour la création de la fiche patient

Étape 3 : Remplir les **informations** concernant le patient (Ici le patient s'appellera Test Test) puis **enregistrer** le patient. (Annexe III)

Fig. 16 : Patient créé (Nom : Test Prénom : Test)

Étape 4 : Création d'un **nouveau dossier** à partir du profil du patient, afin de démarrer un nouveau travail. (Annexe II)

Appuyer ici pour créer un nouveau travail

Fig. 17 : Profil du patient

Étape 5 : Sélection du **travail** à réaliser sur la fiche laboratoire (Annexe III)

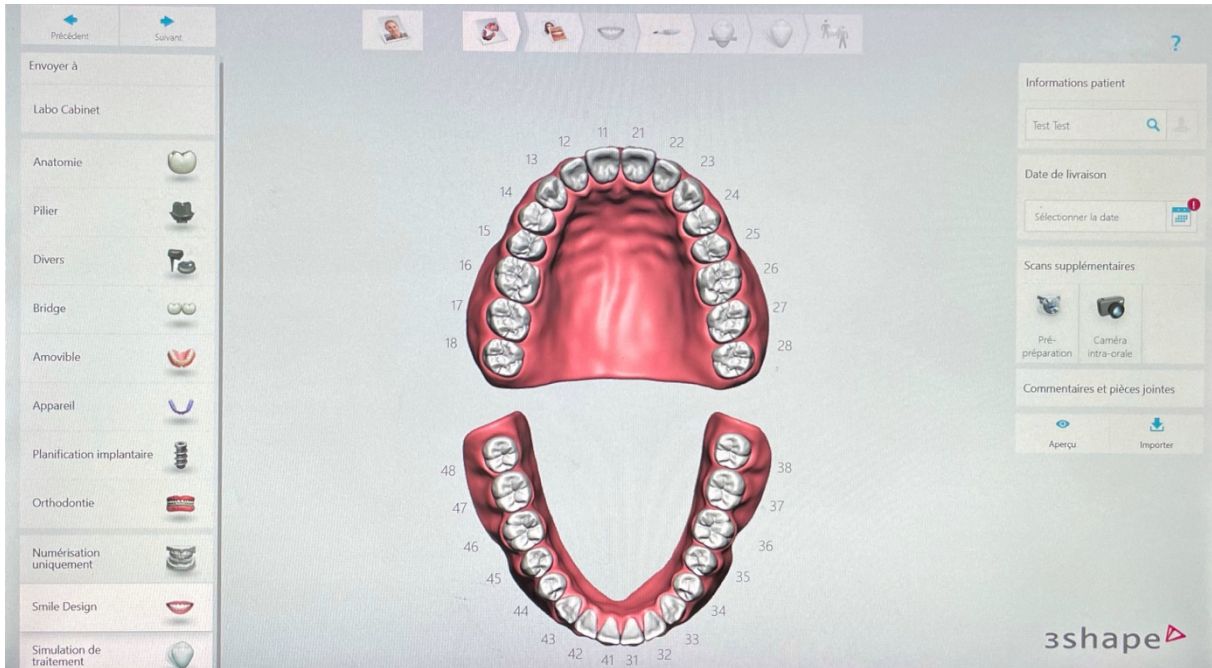
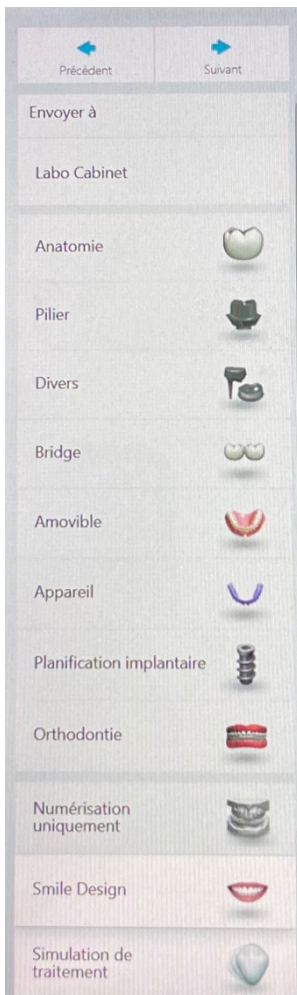


Fig. 18 : Fiche Laboratoire



Avec les empreintes optiques il est possible de réaliser différents types de travaux :

- Anatomie : Inlay/Onlay/Couronne
- Pilier
- Divers
- Bridge
- Appareil amovible
- Planification implantaire
- Numérisation uniquement (pour la réalisation de gouttière, ou de modèle de travail)

Sur la fiche laboratoire il est également possible de choisir :

- Le matériau de la restauration (Emax, Or, Zirconie...)
- La teinte
- Sélectionner la ou les dents concernées
- Ajouter des commentaires ou des pièces jointes (photos...) pour le prothésiste

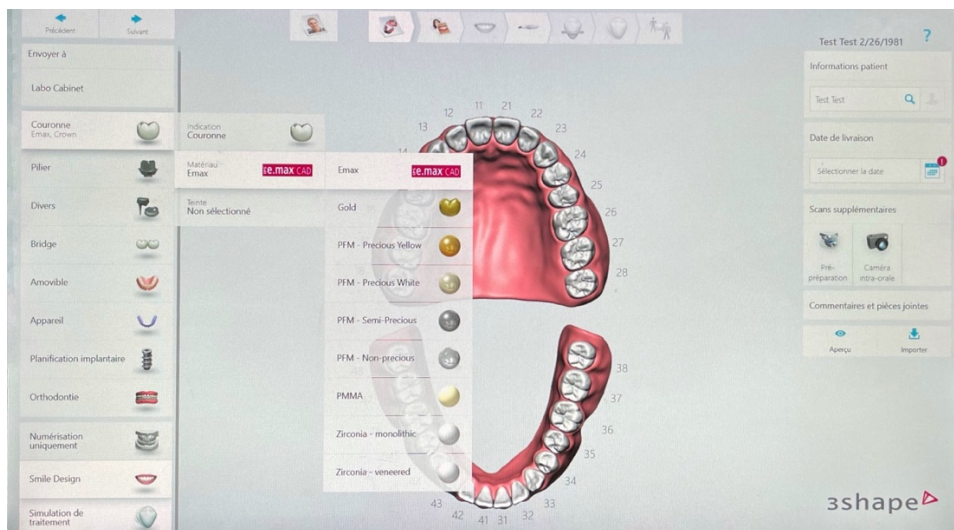


Fig. 19 : Sélection du matériau de restauration

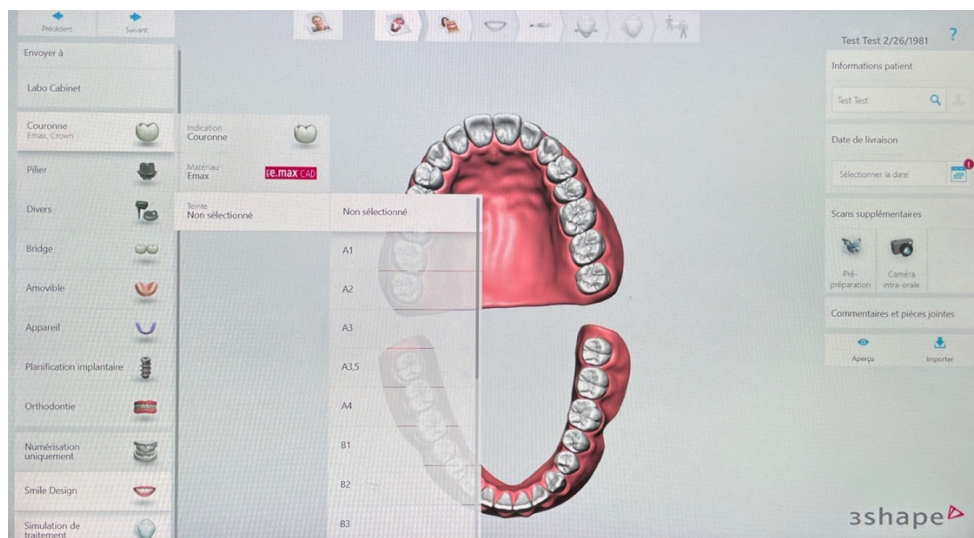


Fig. 20 : Sélection de la teinte

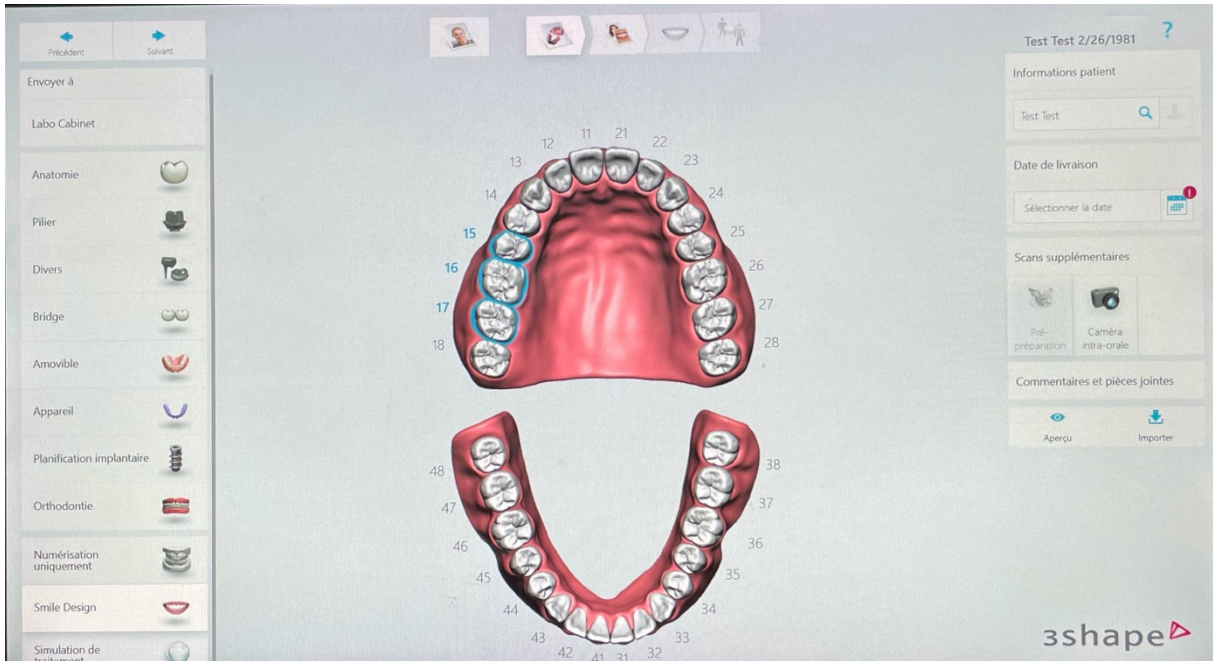


Fig. 21 : Sélection des dents concernées (15-16-17 sur la Fig21)

Étape 6 : Sélection de la date de livraison du travail (Annexe III)

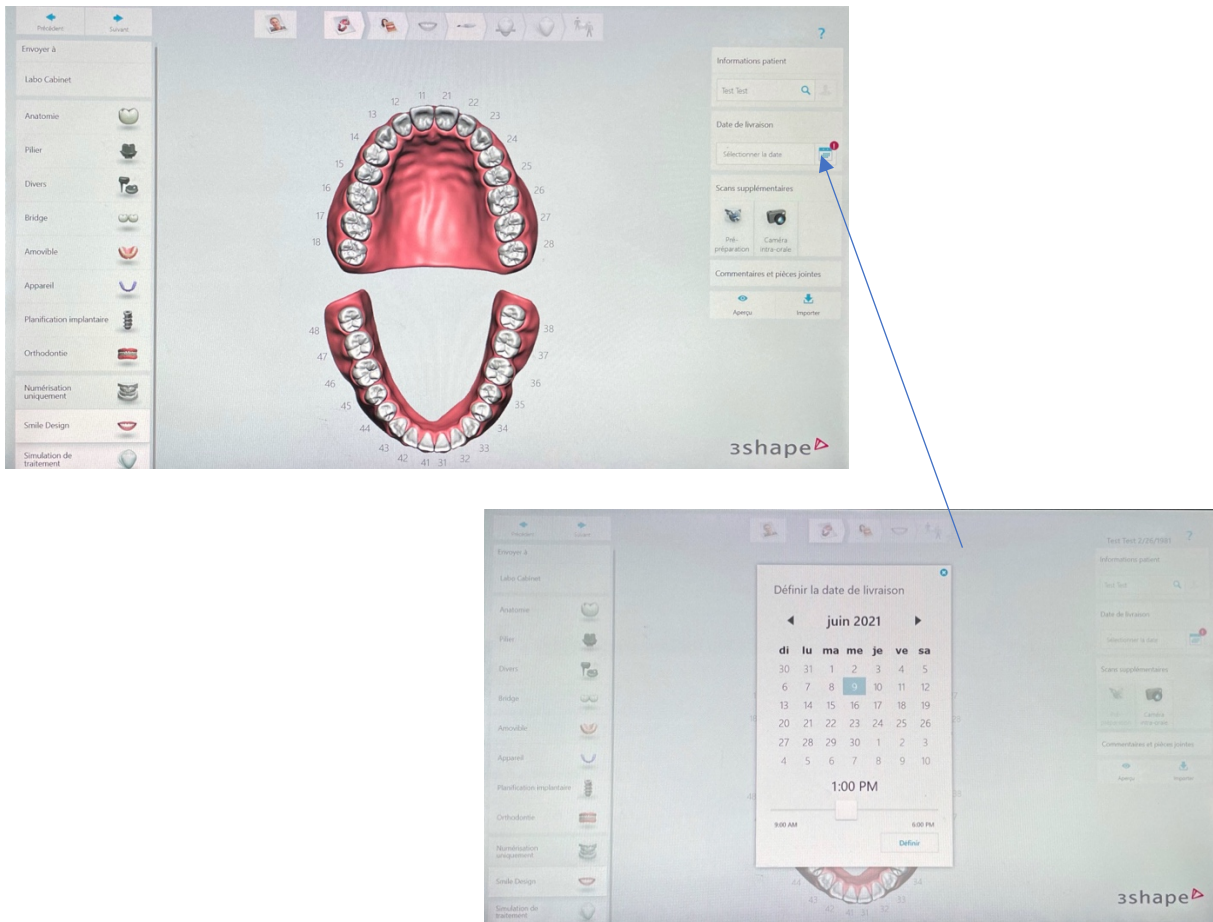


Fig. 22 : Sélection de la date de livraison

Étape 7 : Numérisation Mandibulaire (Annexe IV)

Le logiciel propose toujours de commencer par la **numérisation mandibulaire**, suivi de la **numérisation maxillaire** et de terminer par **l'enregistrement de l'occlusion**

Pour avoir une numérisation optimale, il est recommandé sur les caméras Trios3 de 3shape de bien **sécher** avant la numération de respecter un ordre :

Pour la mandibule : 1-Numérisation **Occlusale**

2-Numérisation **Linguale**

3-Numérisation **Vestibulaire**

Pour le maxillaire : 1-Numérisation **Occlusale**

2-Numérisation **Vestibulaire**

3-Numérisation **Palatine**

Appuyer ici pour
démarrer l'acquisition

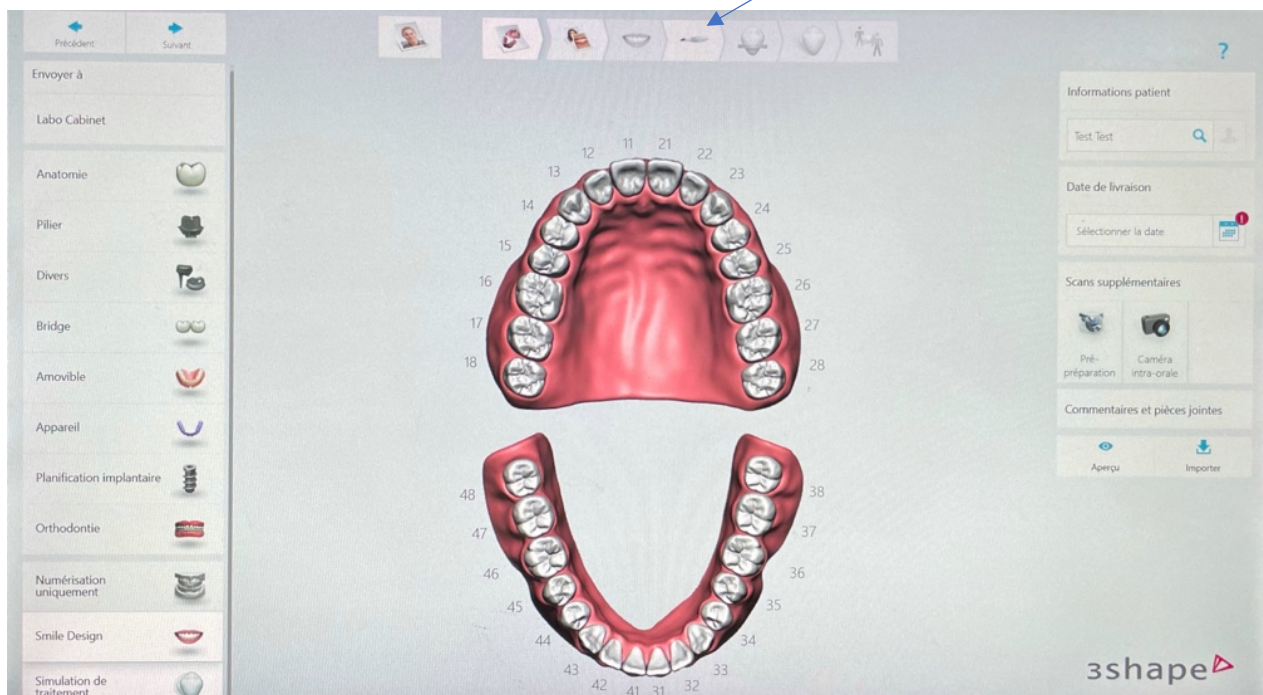


Fig. 23a : Numérisation Mandibulaire

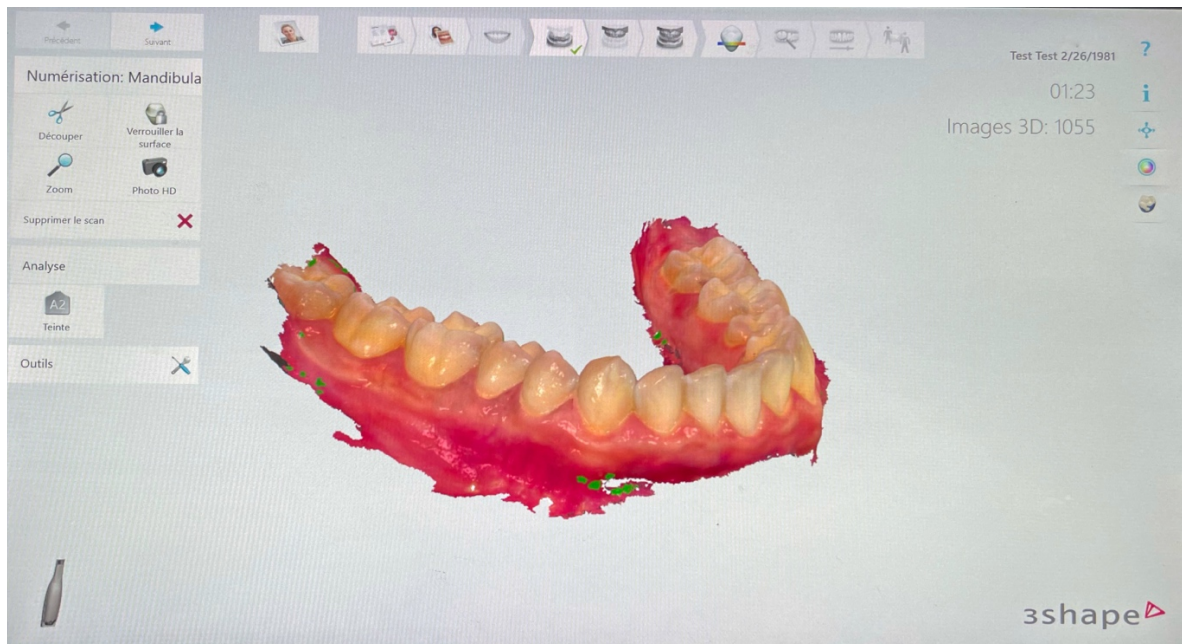


Fig. 23b : Numérisation Mandibulaire

Étape 8 : Numérisation Maxillaire (Annexe IV)

Appuyer ici pour passer à la numérisation Maxillaire

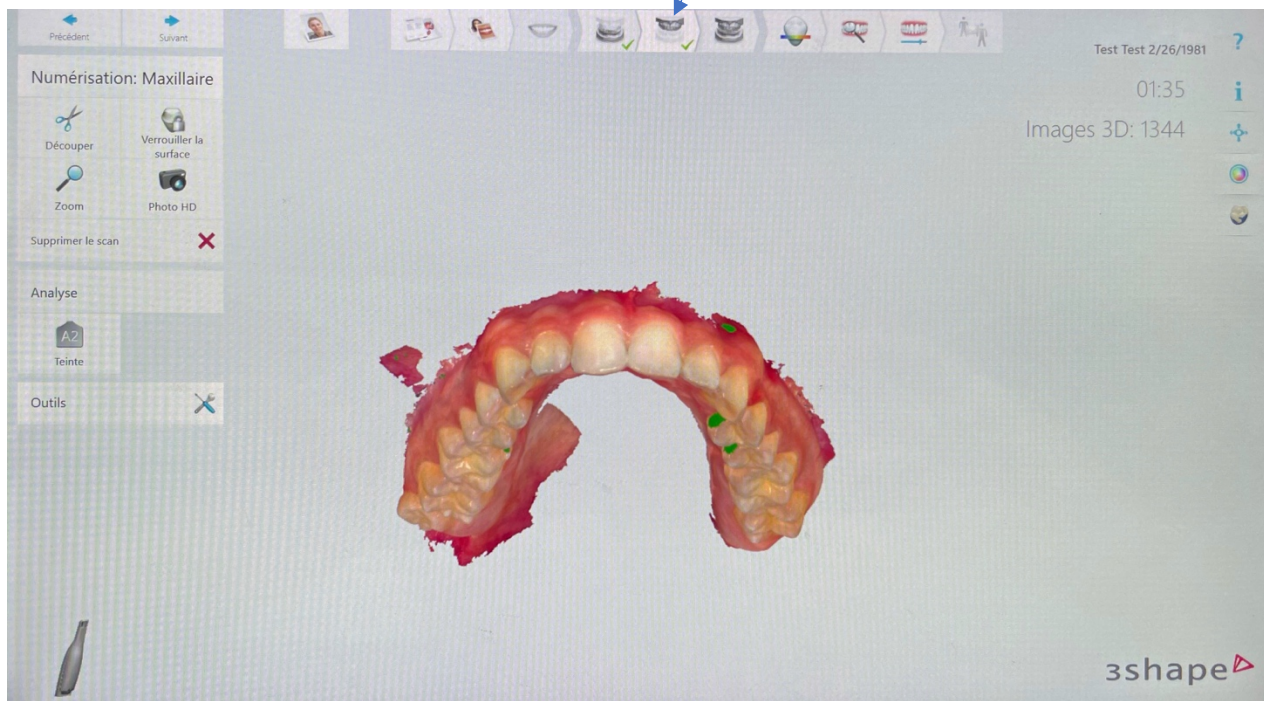


Fig. 24 : Numérisation Maxillaire

Les zones vertes correspondent aux **zones manquantes**, qui n'ont pas été numérisé lors de l'empreinte.

Il est également possible de passer l'empreinte en mode **plâtre**.

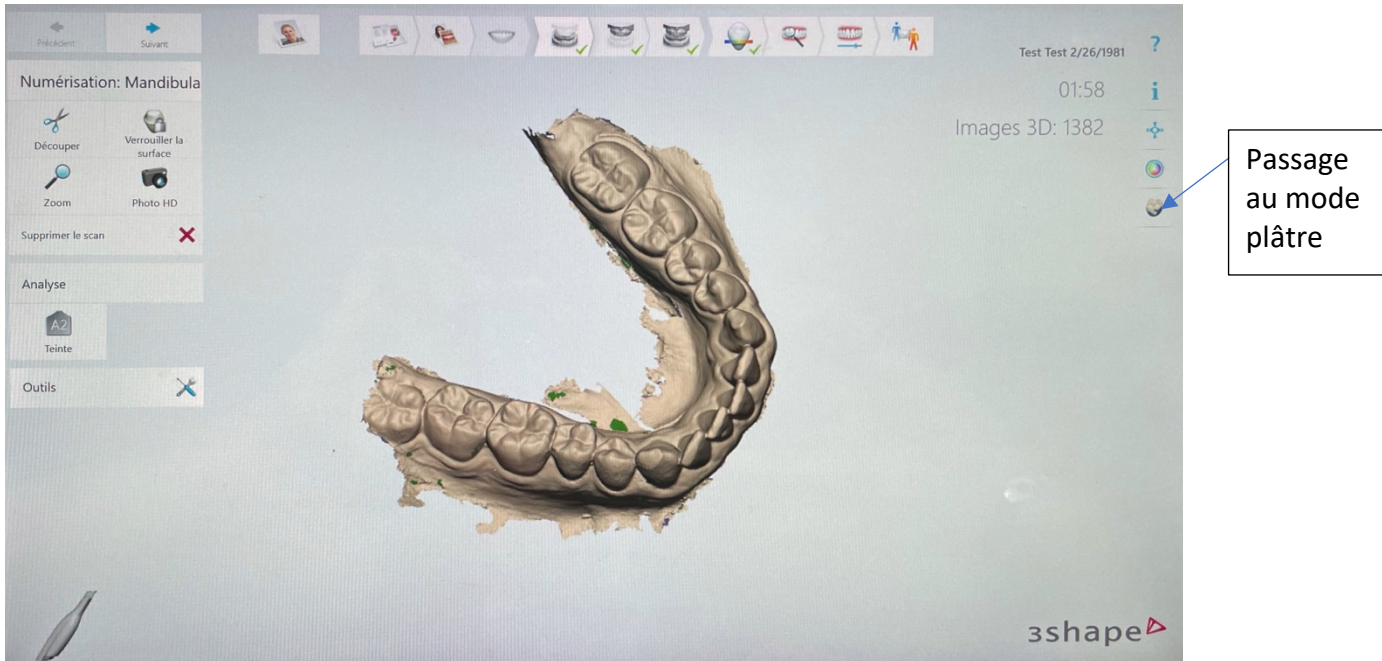


Fig. 25 : Numérisation Mandibulaire en mode plâtre

Il est également possible de réaliser des coupes sur l'empreinte, lorsque des zones qui ne servent pas ont été enregistrées.

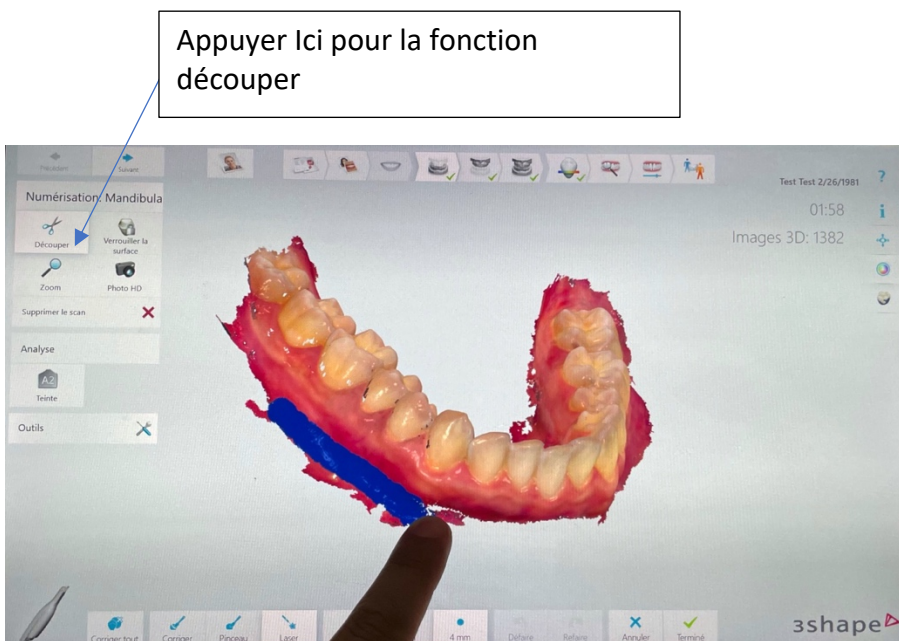


Fig. 26a : Exemple d'une découpe sur la numérisation mandibulaire

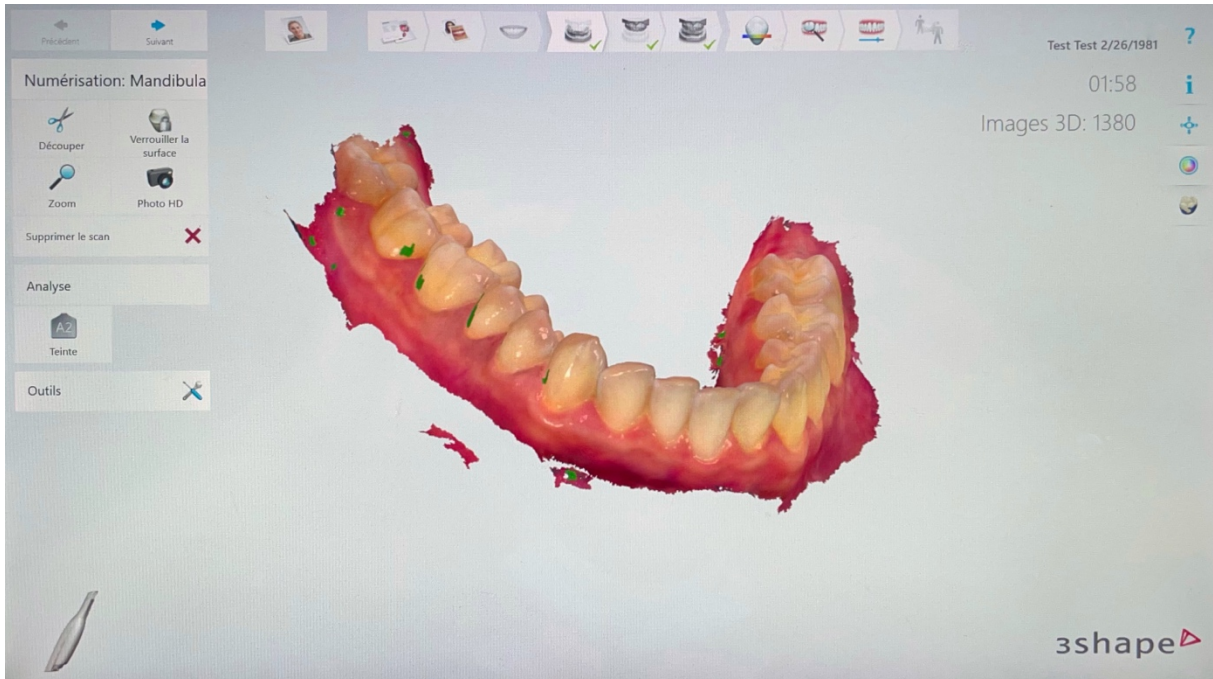


Fig. 26b : Exemple d'une découpe sur la numérisation mandibulaire

Étape 9 : Enregistrement de l'occlusion (Annexe IV)

Pour enregistrer l'occlusion, il suffit de faire fermer le patient en **OIM**, et de scanner l'OIM secteur 1-4 ou secteur 2-3.

Le logiciel fait matcher les scans maxillaire et mandibulaire afin de les repositionner en OIM.

Appuyer ici pour démarrer l'enregistrement d'occlusion

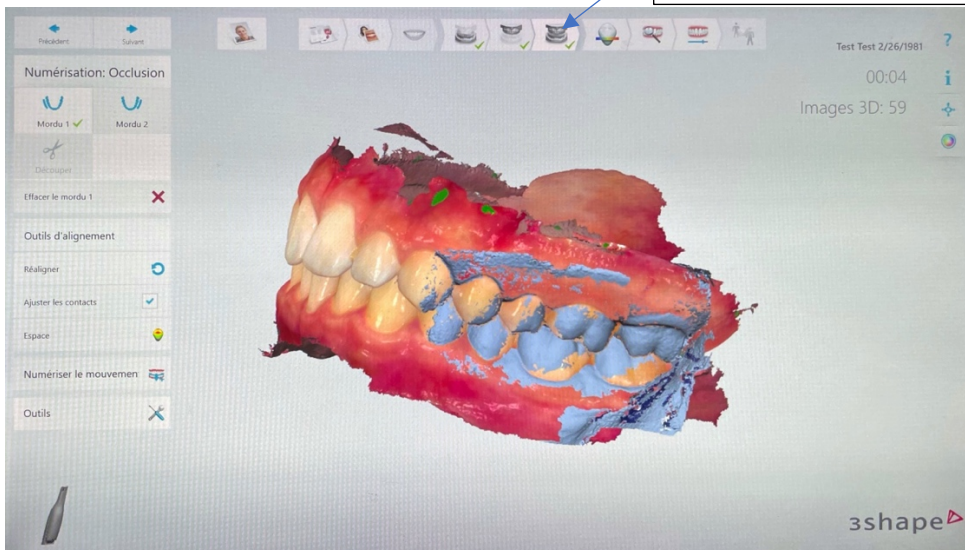


Fig. 27 : Enregistrement d'occlusion

Une fois l'enregistrement d'occlusion terminé, il est possible de voir l'espace disponible (l'intensité des contacts) entre les deux arcades

Appuyer ici, pour voir l'espace disponible entre les arcades

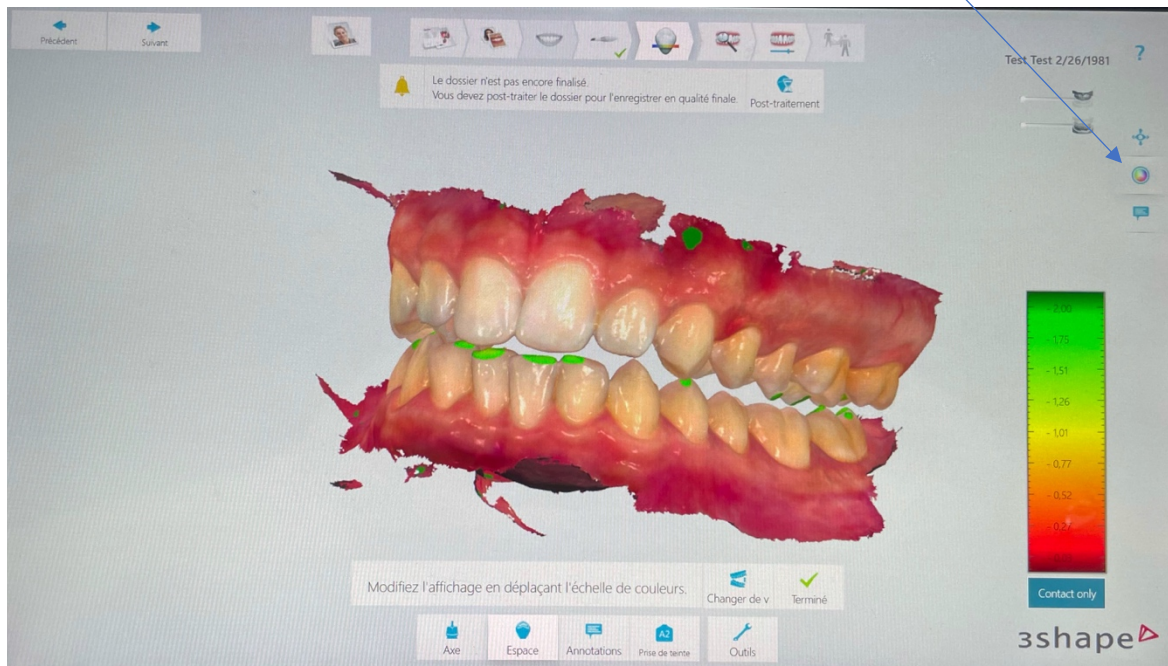


Fig. 28 : Intensité des contacts entre les arcades

Étape 10 : Post-Traitement et Envoi sur le PC (Annexe IV)

Une fois l'empreinte optique terminée, il est nécessaire que le logiciel la Post-traite afin de pouvoir établir le modèle virtuel via l'ensemble des clichés enregistrés par la caméra avant de l'envoyer.

En effet après la numérisation nous obtenons une représentation de l'arcade du patient sous forme d'un nuage de points brut.

L'étape de Post-traitement va permettre d'optimiser ce nuage de points en filtrant, nettoyant et en fusionnant les données numériques issues de l'acquisition, afin d'avoir un nuage unique.

Les données acquises aberrantes et trop denses qui ont tendance à alourdir la taille du fichier seront supprimées pour accélérer le traitement des données.

V- Conclusion, Évolution et Perspective

Le projet qui a été présenté au cours de ce travail, a été mis en place au cours de la rentrée 2020-2021 grâce à l'acquisition de deux caméras Trios3 de 3shape au sein du service hospitalier.

Ce projet permet une continuité pédagogique faisant suite au projet qui a été mis en place au niveau universitaire en 2018-2019 permettant aux étudiants de mettre en application clinique les connaissances théoriques acquises.

L'apport des empreintes numériques au sein du service de réhabilitation orale de la Timone, a permis de moderniser les soins réalisés par l'assistance publique qui doit réaliser des soins modernes et de qualité.

Cela permet également aux étudiants de s'habituer à utiliser les scanners intra-oraux, qui sont devenus incontournables dans une profession de plus en plus orientée vers le numérique.

Dans la perspective de faciliter la prise en main de ces dispositifs par les différents utilisateurs, nous avons ici élaborer des fiches de protocole pour les actions principales.

Il conviendra de poursuivre cette démarche d'accompagnement en élaborant de nouveaux protocoles pour chaque réalisation prothétique tout en s'adaptant aux évolutions et mise à jour de ces dispositifs numériques.

Bibliographie

1. **De March P, Cornes P, Vaillant-Corroy A-S.** Prothèse fixée approche Clinique. Paris : Editions CdP, 2016
2. **Soenen, A.** Les conditions de réussite de l’empreinte optique intra-orale. L’information Dentaire. Sep 2018
3. **Soenen A, Pia JP, D’Incau E.** Empreintes conventionnelles versus empreintes optiques. L’information Dentaire, Sep 2015
4. **Fages M, Raynal J, Margerit J.** La CFAO directe principes généraux. L’information Dentaire. Nov 2008
5. **CNIF.** Le guide de la CFAO dentaire [Internet]. 2013 [cité 7 nov 2017]
6. **Timour, S.** La fabrication additive en odontologie : applications et perspective. Thèse de chirurgie dentaire, 2019 Marseille
7. **Landwerlin, O.** Apport de la CFAO dentaire. Le fil dentaire. Mai 2015
8. **Raynal, J.** La dentisterie moderne à l’heure de la CFAO directe par le CEREC3 3D. Le Fil Dentaire. mai 2008;(33):20-1.
9. **Fraysse, O.** Acquisition des données topographiques dans le système de CFAO en prothèse fixée. Thèse UFR odontologie . Toulouse III : Université Paul Sabatier , 2007.
10. **Tellier, A.** Les empreintes optiques en prothèse fixée. Thèse UFR odontologie. Toulouse : s.n., 2010.
11. **Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A.** 3D intraoral scanner for restorative dentistry. Optics and lasers in engineering. ELSEVIER, 2013.
12. **Duret F, Pelissier B, Duret B.** Peut-on envisager de faire des empreintes optiques en bouche ? Stratégie prothétique. Février 2005 p2.

13. **Landwerlin, O.** L'empreinte optique intra-buccale et ses applications au cabinet dentaire. Saarbrücken : Éditions universitaires européenne, 2011. 978-613-1-58082-6.
14. **Duret F, Pélissier B.** Différentes méthodes d'empreinte en CFAO dentaire. 2010 Elsevier Masson SAS [Internet]. Disponible sur: https://www-em--premium-com.docadis.ups-tlse.fr/showarticlefile/250936/28-38844_plus.pdf
15. **Ouadour-Abbar, M.** Principe de tomographie et spectro-tomographie optique de cohérence par intercorrélacion sans balayage basée sur un réseau de diffraction. 2009.
16. **Richard, A.** L'empreinte optique intra-buccale et ses applications dans les différentes disciplines en odontologie. Thèse UFR odontologie. Rennes : s.n, 2016
17. **Frigerio, F.** 3-dimensional surface imaging using Active Wavefront Sampling [Internet] [Thesis]. Massachusetts Institute of Technology; 2006 [cité 30 mars 2015]. Disponible sur: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/38258>
18. **Rudd RW, Rudd KD.** A review of 243 errors possible during the fabrication of a removable partial denture: Part II. J Prosthet Dent. 2001;86(3):262-76.
19. **Manuel d'utilisation 3Shape Dental System 2017**
20. **Sacher M, Schulz G, Deyhle H, Jäger K, and Müller B.** Accuracy of commercial intraoral scanners. Journal of Medical Imaging May-June 2021 VOL(8)

Annexes

Fiches de Procédure pour l'utilisation la caméra Trios 3

Annexe 1 : Procédure de calibration 3D de la caméra



Annexe 2 : Procédure de calibration couleur de la caméra



Annexe 3 : Procédure de préparation du fichier patient



Annexe 4 : Procédure de numérisation



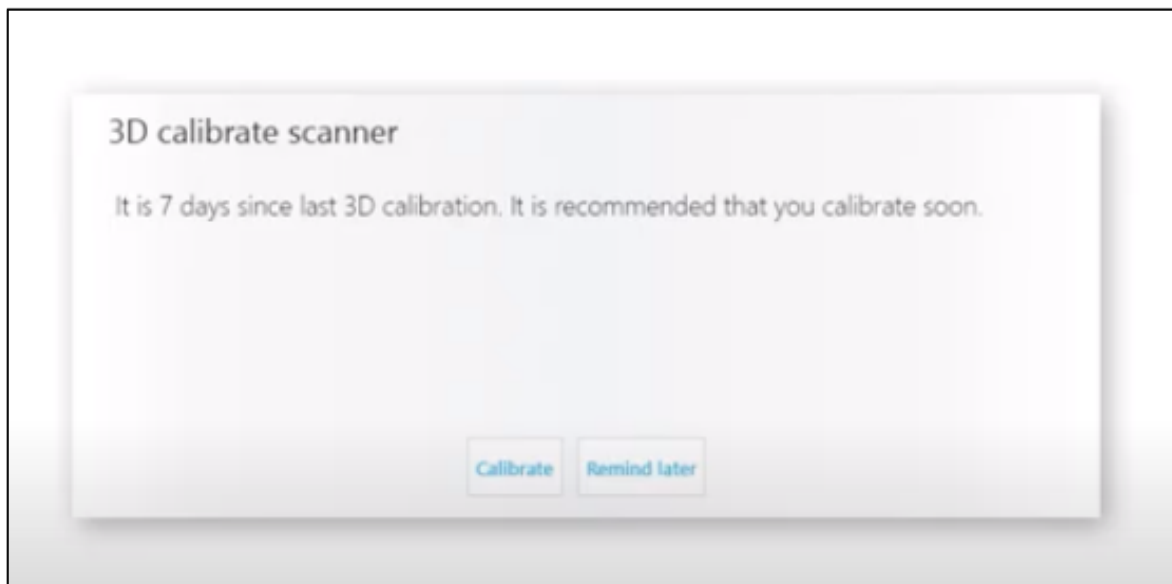
Annexe I

Procédure de calibration 3D de la **caméra**

Chronogramme

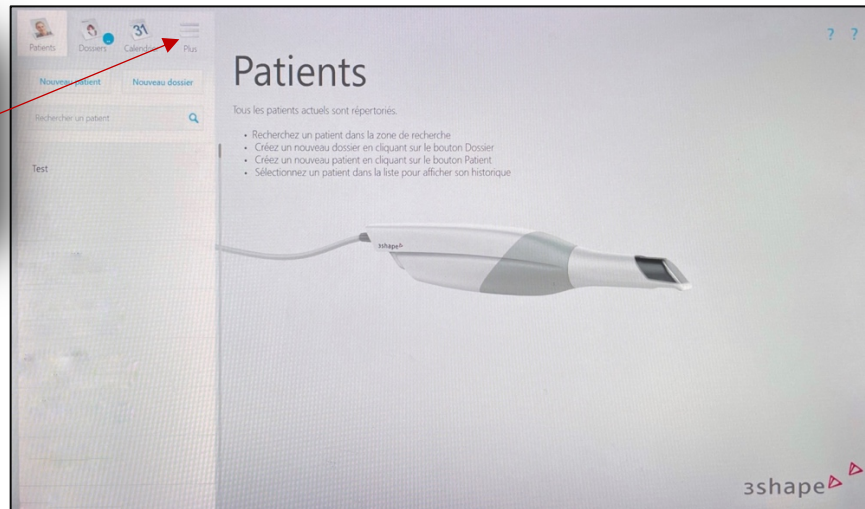
- 1- Allumer la Caméra Trios 3**
- 2- Sélectionner l'utilisateur**
- 3- Si la caméra ne propose pas la calibration 3D, aller dans
« Paramètres »**
- 4- Sélectionner « Calibration 3D Scanner »**
- 5- Retirer l'embout de protection ou l'embout de scan de la caméra**
- 6- Vérifier que l'embout de calibration soit propre**
- 7- Monter l'embout de calibration 3D directement sur la caméra**
- 8- Lancer la Calibration, celle-ci dure environ 1 minute**
- 9- Retirer l'embout de calibration 3D et remettre un embout de Scan**

1-Après avoir démarré la caméra celle-ci propose automatiquement de réaliser une calibration 3D si elle n'a pas été faite depuis 7 jours.

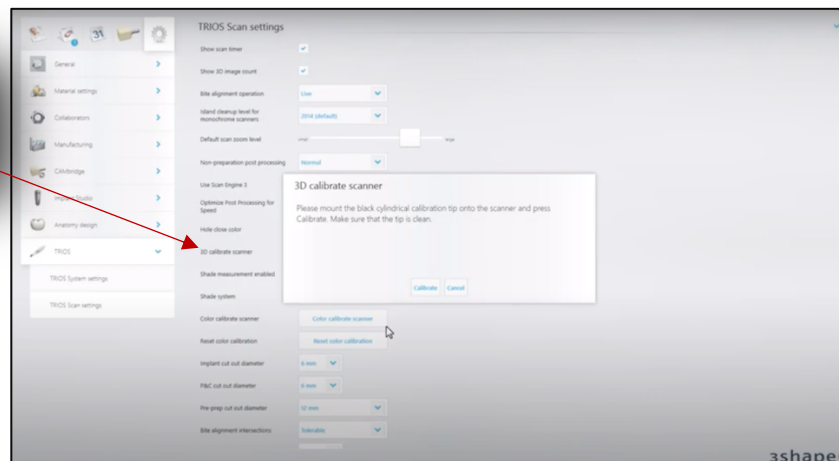


2-Si la calibration n'est pas proposée, allez dans les paramètres de la caméra et sélectionner calibration 3D de la caméra

Cliquer sur « Plus » et aller dans les paramètres



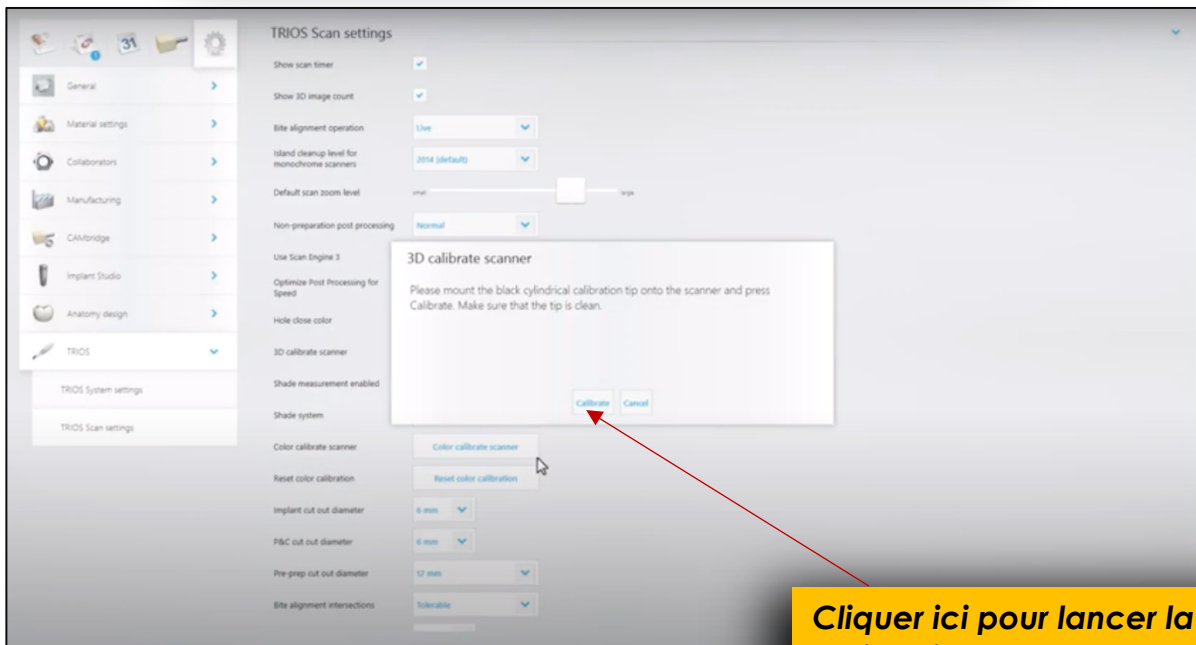
Cliquer sur Calibration 3D du scanner



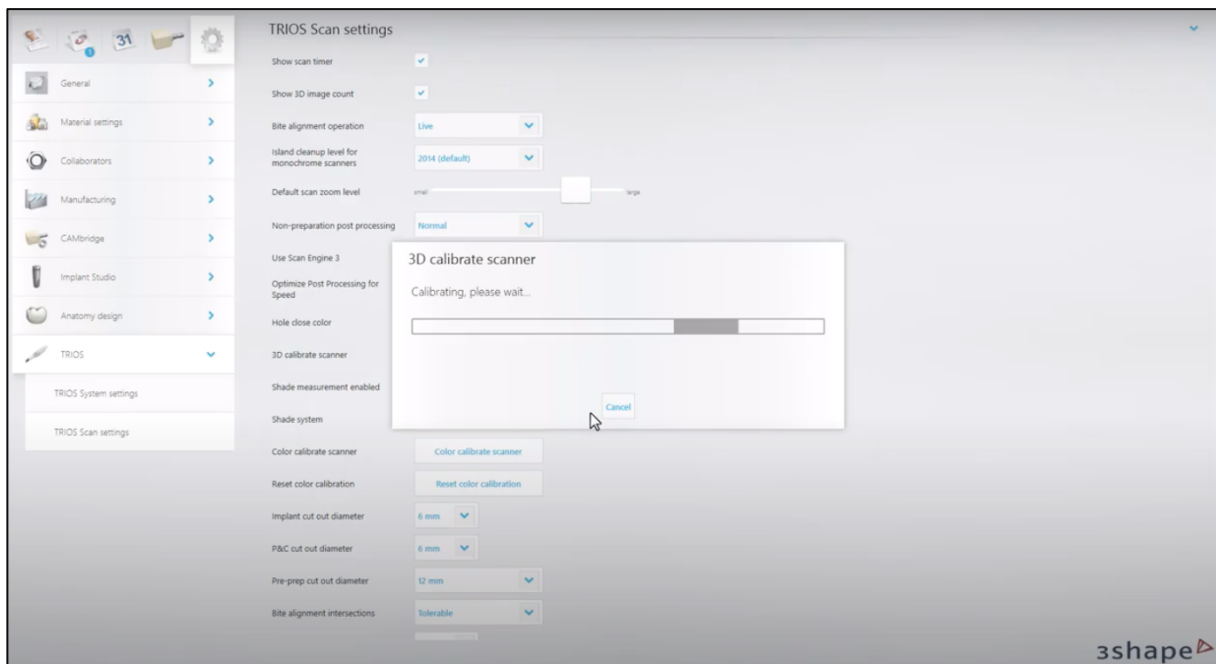
3- Retirer l'embout de scan ou l'embout de protection de la caméra et monter l'embout de calibration 3D directement sur la caméra



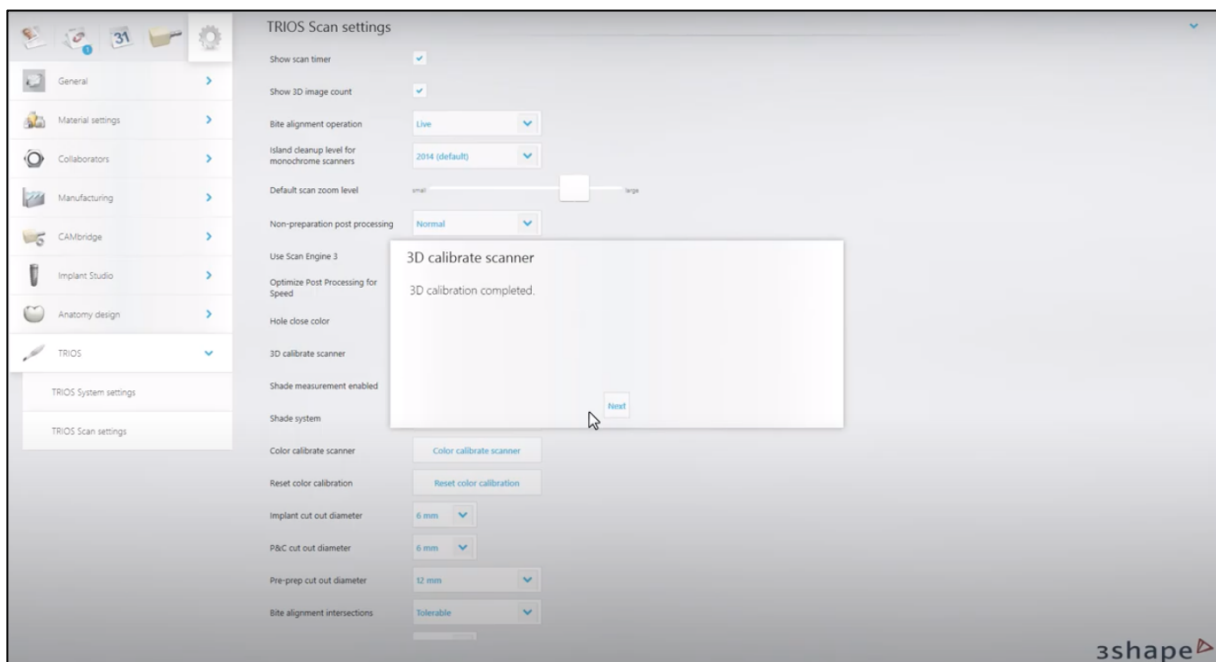
4- Lancer la Calibration 3D et attendre environ 1min



Cliquer ici pour lancer la calibration



Calibration 3D en cours



Calibration 3D terminée

Annexe II

Procédure de calibration couleur de la caméra

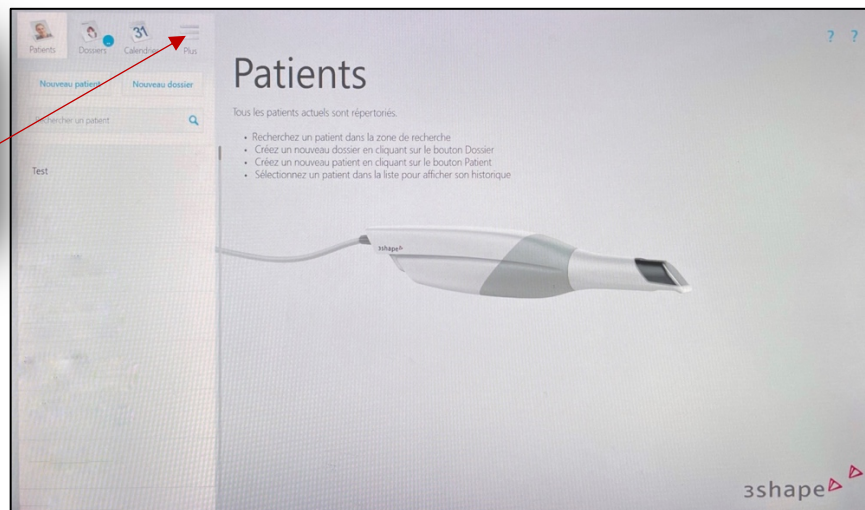
Chronogramme

- 1. Allumer la Caméra Trios 3**
- 2. Sélectionner l'utilisateur**
- 3. Si la caméra ne propose pas la calibration 3D, aller dans
« Paramètres »**
- 4. Sélectionner « Calibration Couleur Scanner »**
- 5. Retirer l'embout de protection de la caméra**
- 6. Vérifier que le miroir de l'embout de scan soit propre**
- 7. Monter l'embout de scan sur la caméra**
- 8. Monter la Mire de calibration côté A (côté couleur) sur son support**
- 9. Monter l'ensemble sur le scanner**
- 10. Lancer la Calibration celle-ci dure environ 10-20s**
- 11. Mettre la mire sur le côté B (côté gris) et relancer la calibration celle-
ci dure environ 30s**
- 12. Ranger la mire de calibration couleur et son support, le scanner est
prêt à être utilisé**

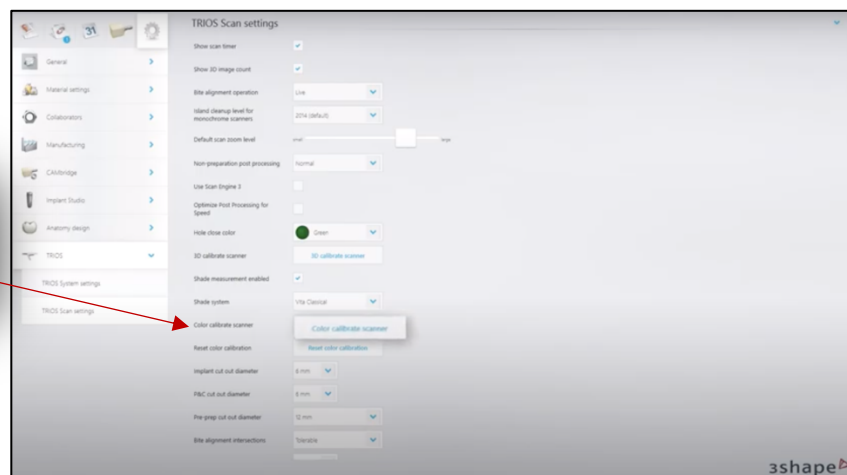
1-Après avoir démarré la caméra celle-ci propose automatiquement de réaliser une calibration couleur si elle n'a pas été faite depuis 7 jours.

2-Si la calibration n'est pas proposée, allez dans les paramètres de la caméra et sélectionner calibration couleur de la caméra

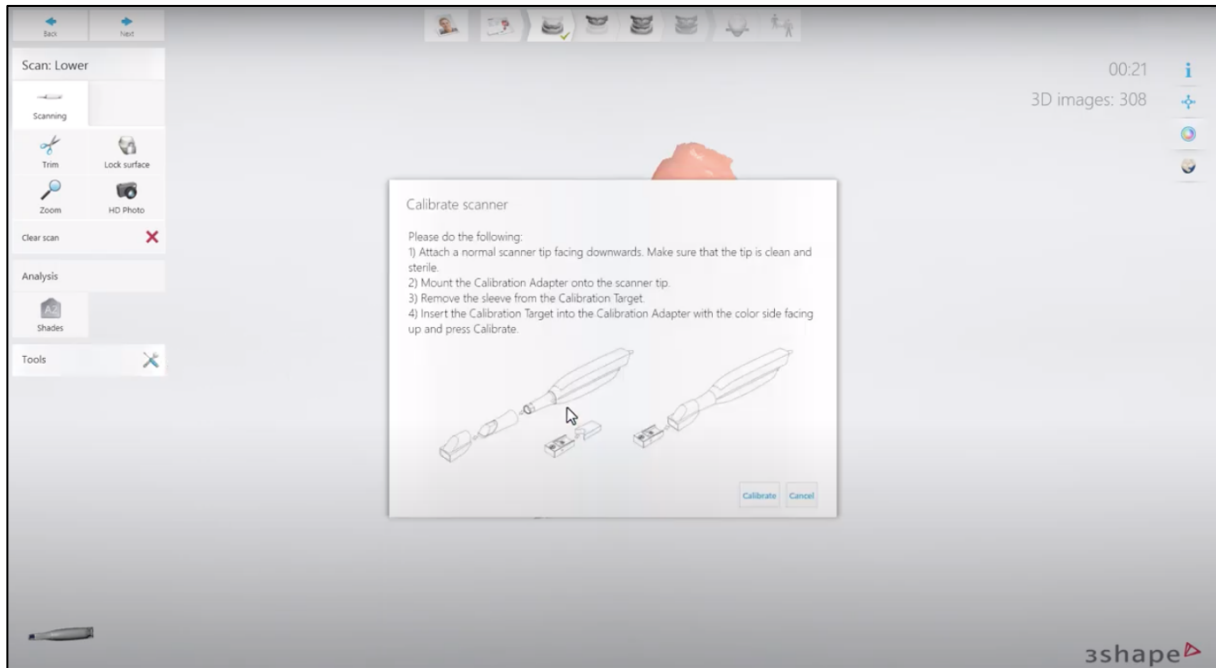
Cliquer sur « Plus » et aller dans les paramètres



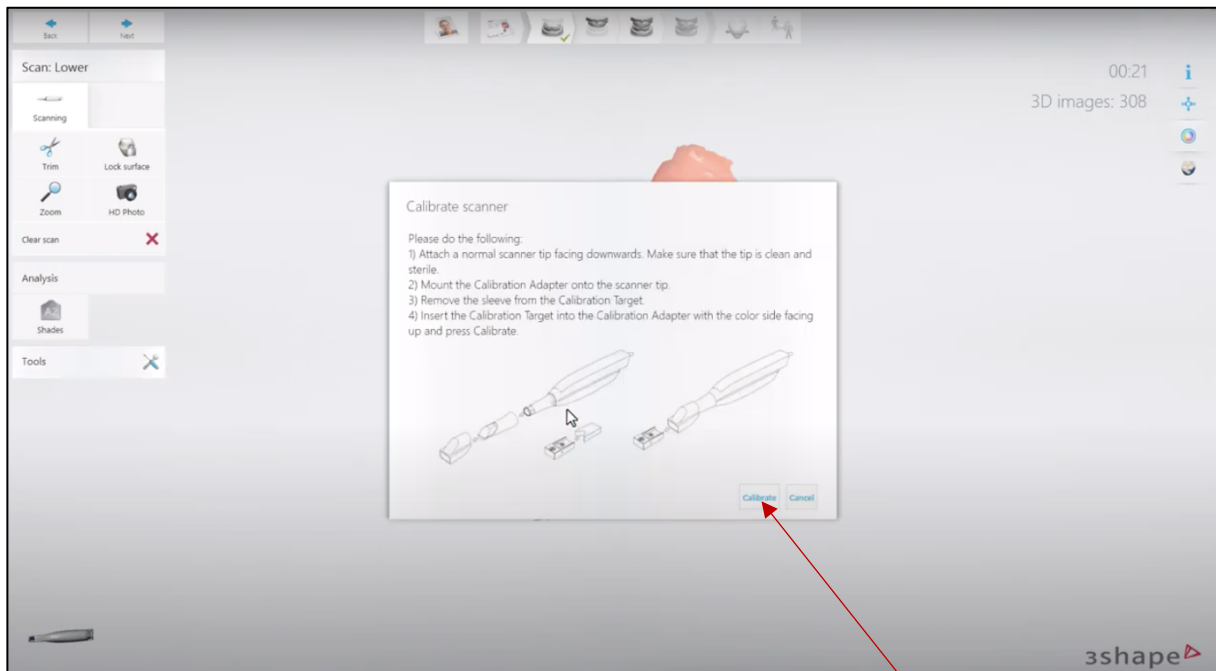
Cliquer sur Calibration couleur du scanner



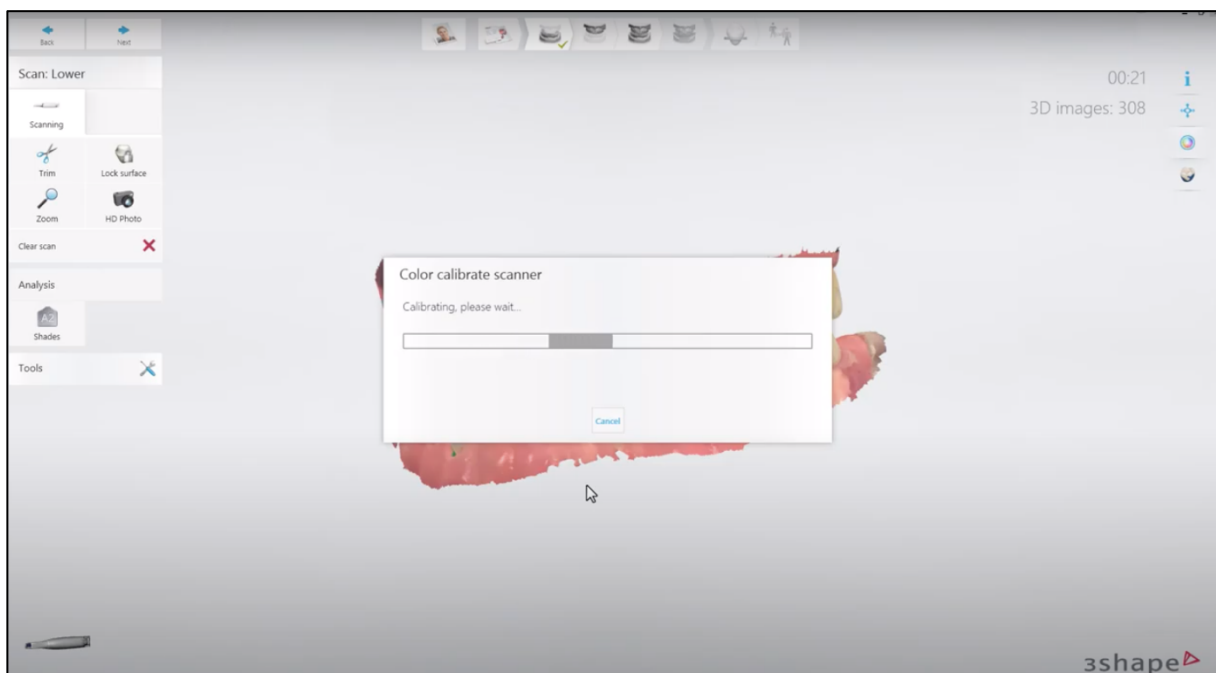
**3-Monter l'embout de scan sur la caméra,
Monter la Mire de calibration côté A (côté couleur) sur son support,
Monter l'ensemble sur le scanner**



4-Lancer la calibration couleur

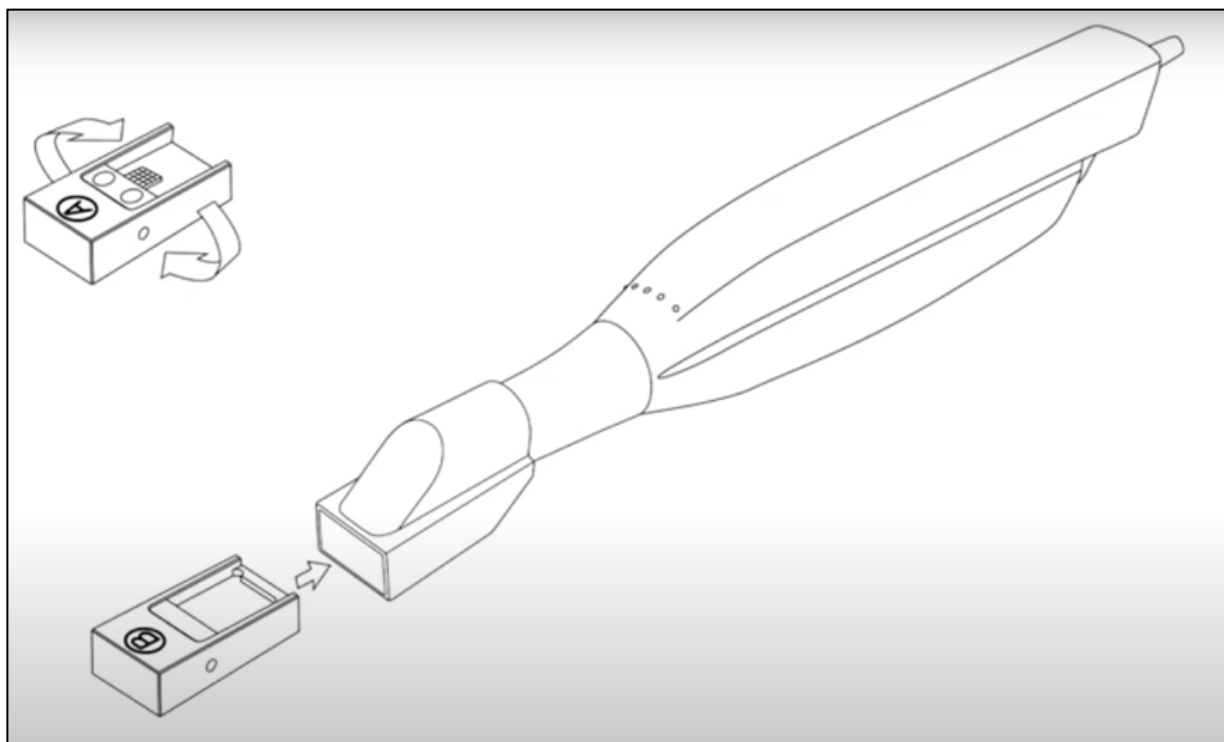
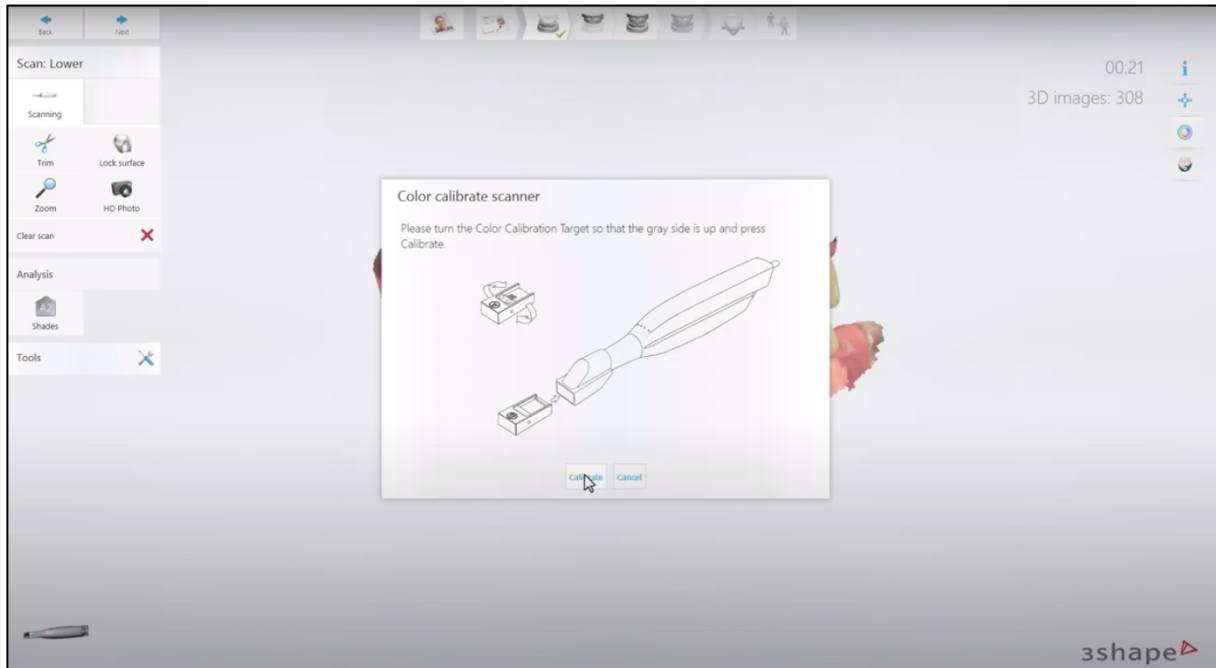


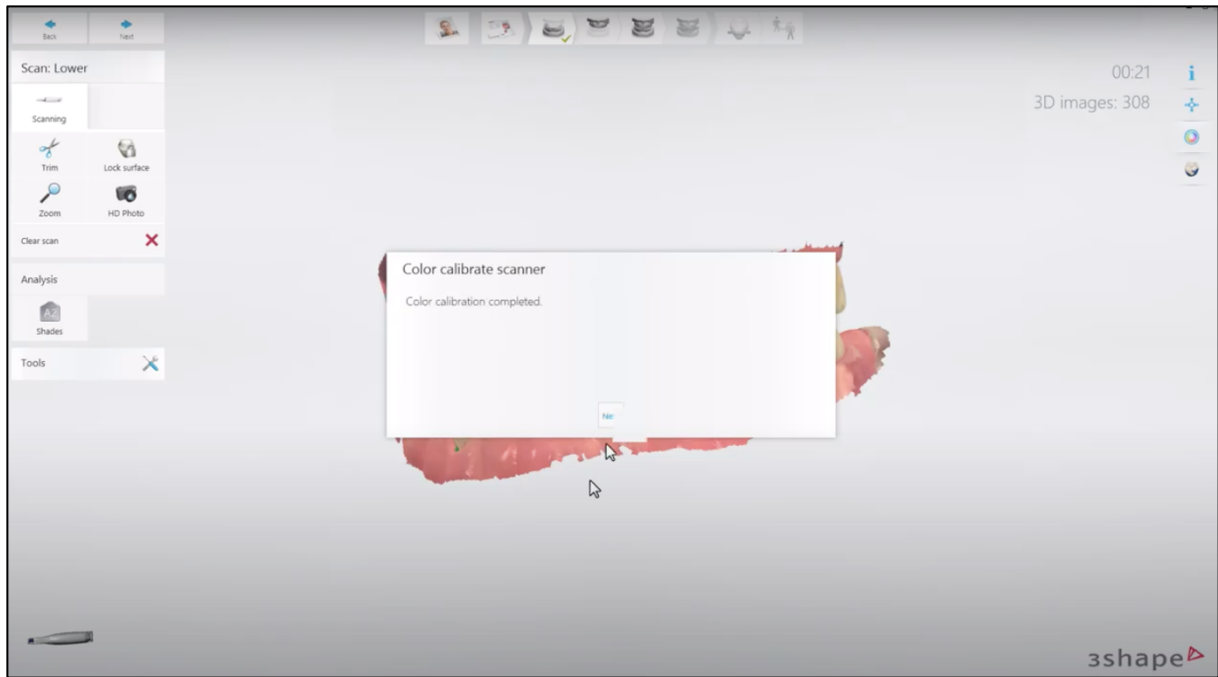
Cliquer ici pour lancer la calibration



Calibration couleur en cours, celle-ci dure environ 10-20s

5- Une fois la calibration terminée, tourner la mire de calibration du côté B (côté gris) et relancer la calibration





6-Calibration terminée

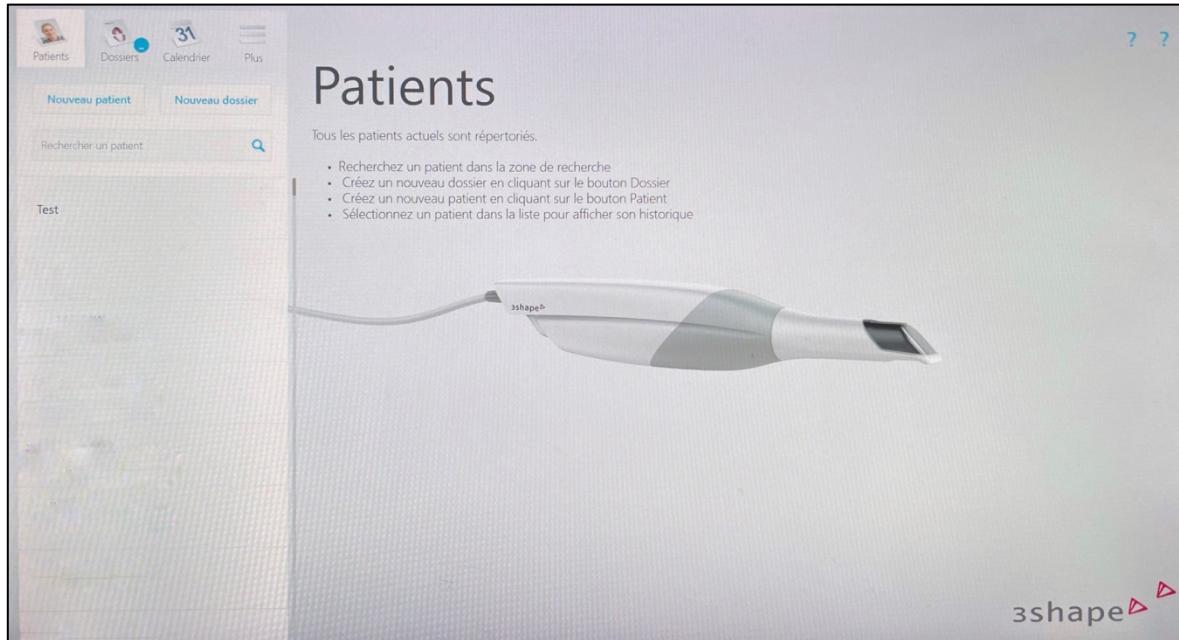
Annexe III

Procédure de préparation du fichier patient

Chronogramme

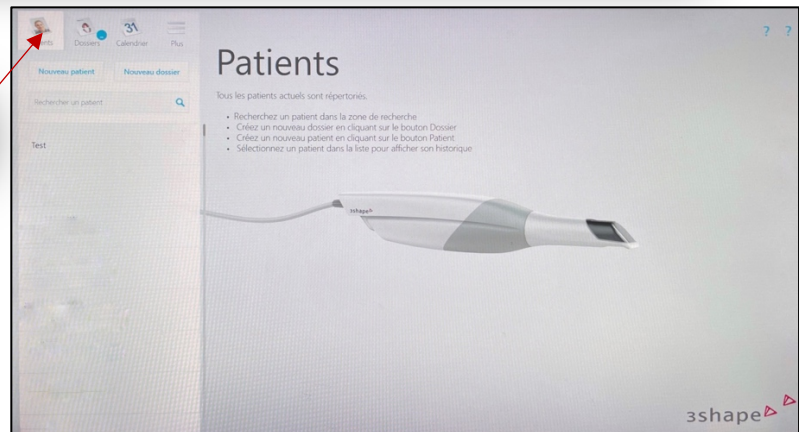
- 1- Allumer la Caméra Trios 3**
- 2- Sélectionner l'utilisateur**
- 3- Sélectionner « Nouveau Patient »**
- 4- Remplir les informations du patient**
- 5- Création d'un nouveau dossier, « nouveau travail »**
- 6- Sélection du travail à réaliser**
- 7- Sélection de la date de livraison**

1-Ecran d'accueil de la caméra après démarrage

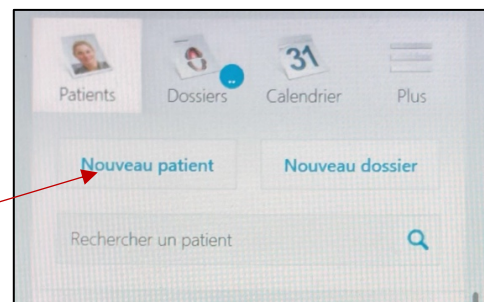


2-Cliquer sur « Patients » et sélectionner « Nouveau Patient »

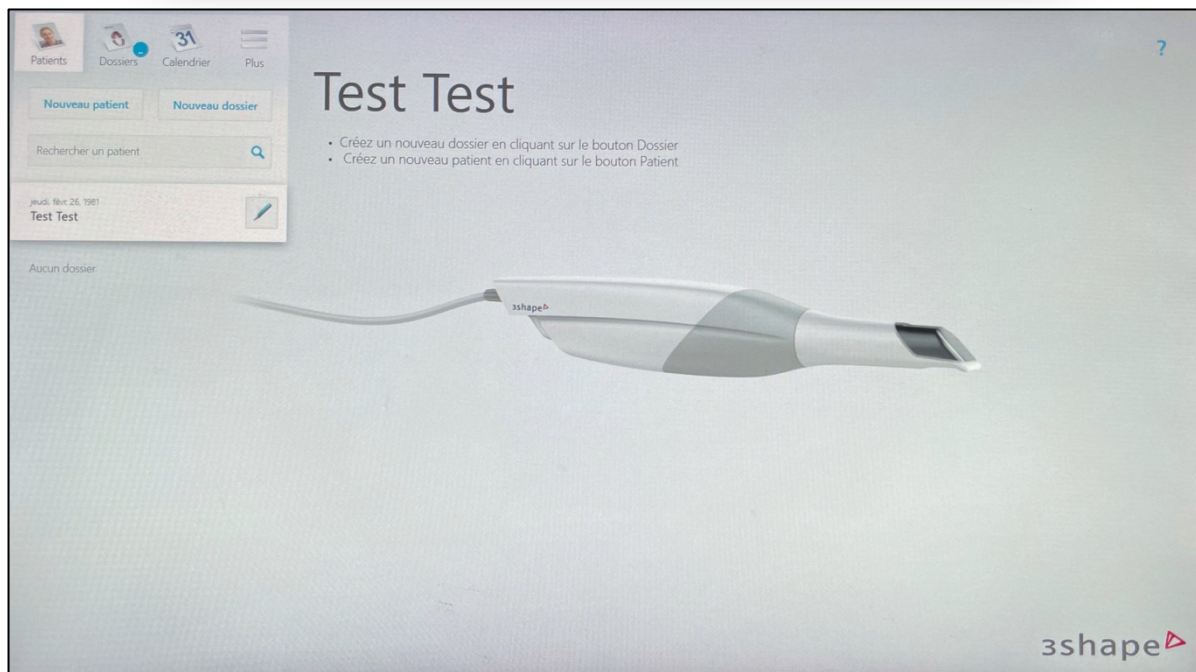
Cliquer sur « Patients »



Cliquer sur « Nouveau Patient »

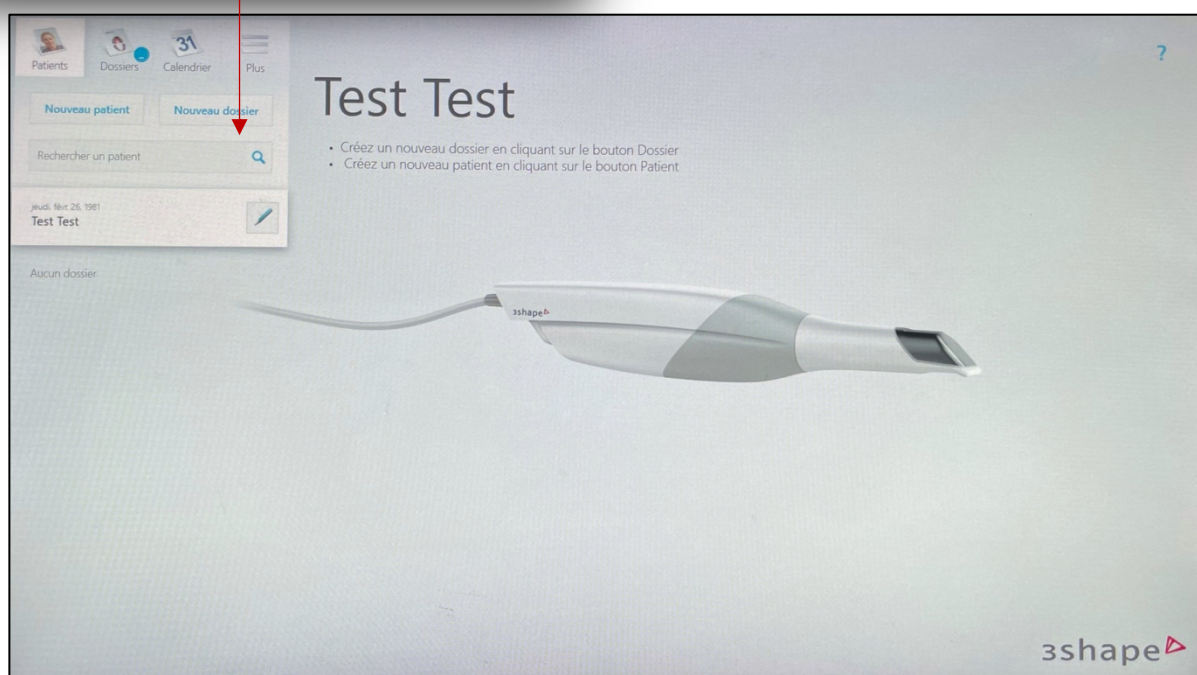


**3-Remplir les informations concernant le patient,
puis cliquer sur Enregistrer**

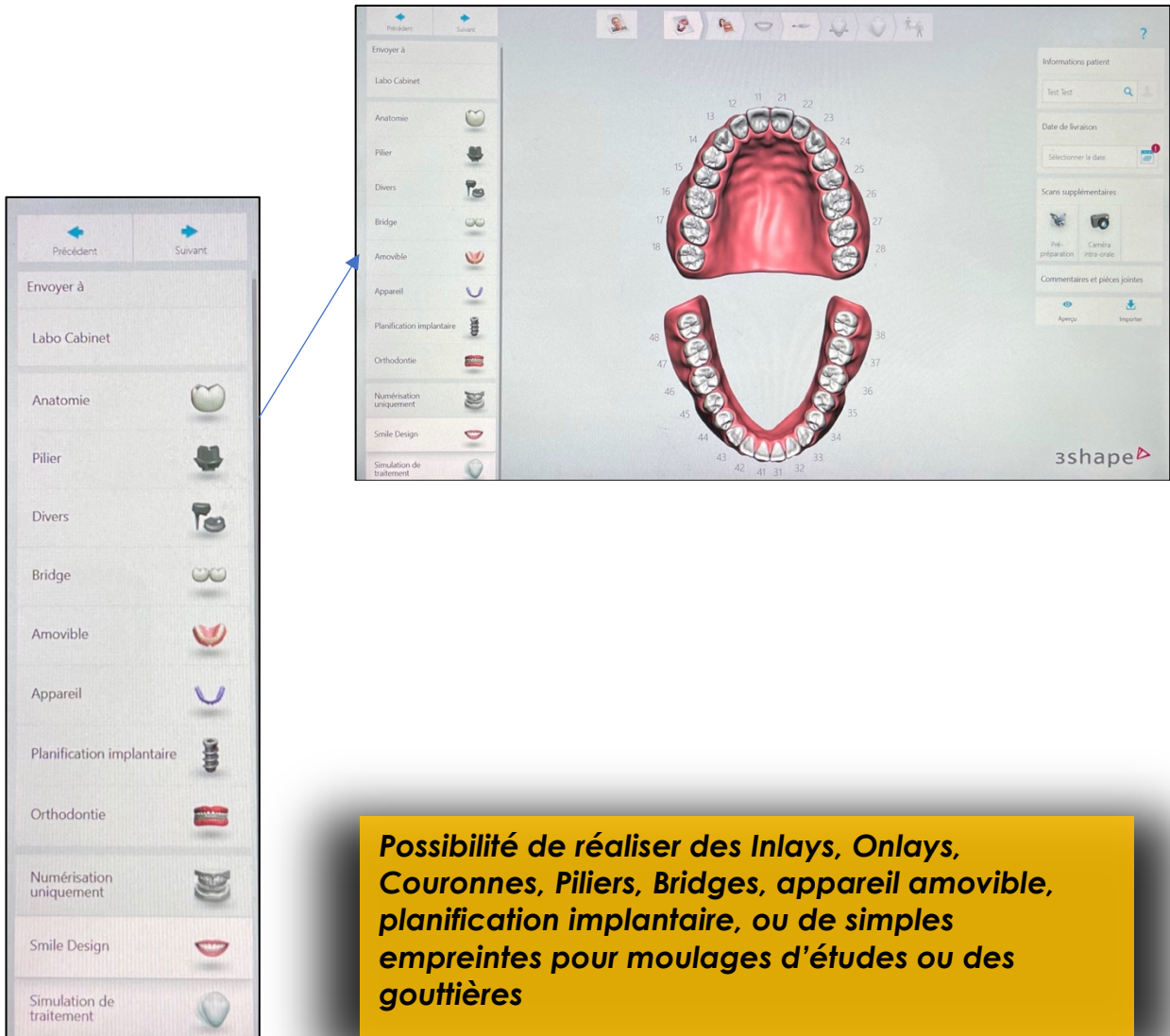


**4-Une fois le fichier patient enregistré, cliquer sur
nouveau dossier pour créer un nouveau travail (ici
le patient se nomme Test Test)**

**Cliquer ici pour créer un nouveau
travail**



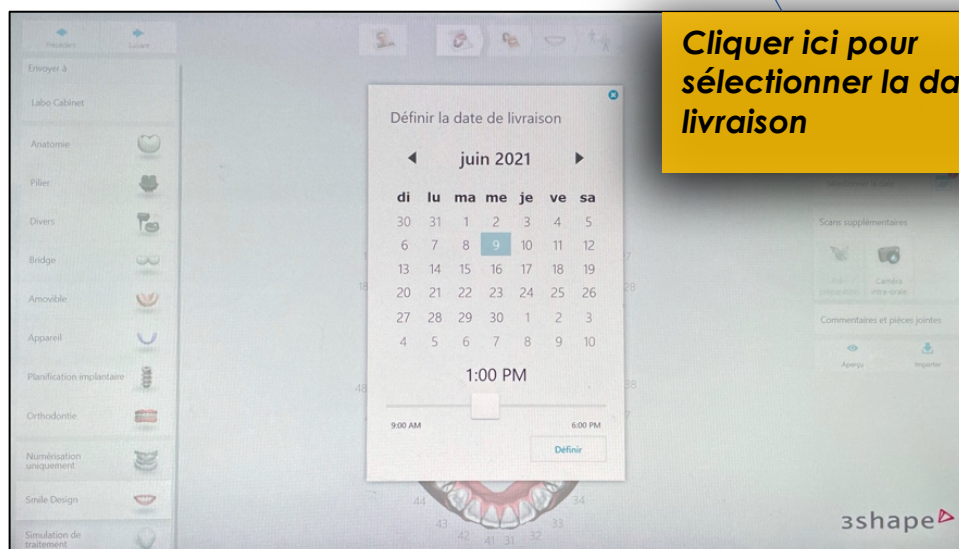
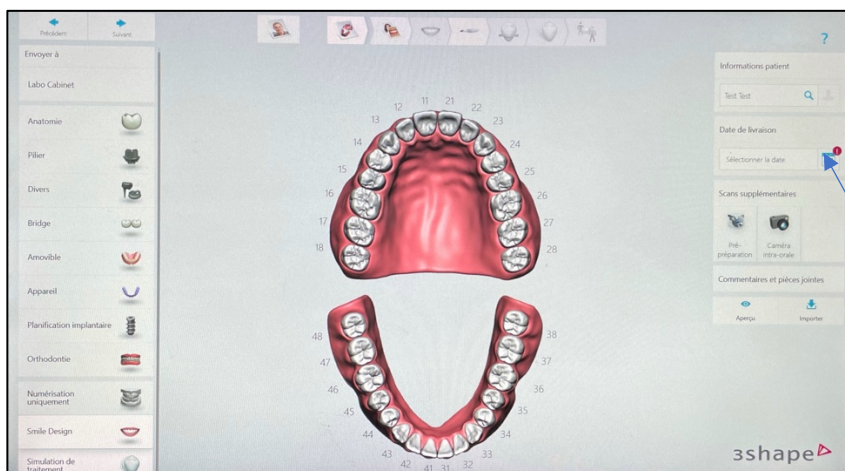
6-Sélection du travail à réaliser sur la fiche laboratoire



The image displays the 3shape software interface. On the left, a vertical menu lists various dental treatment options, each with a corresponding icon. A blue arrow points from the 'Anatomie' option in this menu to the 'Anatomie' option in the main software interface. The main interface shows a 3D model of a dental arch with teeth numbered 1 through 48. The 'Anatomie' option is selected in the main interface. On the right side of the main interface, there are sections for 'Informations patient', 'Date de livraison', 'Scans supplémentaires', and 'Commentaires et pièces jointes'. The 3shape logo is visible in the bottom right corner of the main interface.

Possibilité de réaliser des Inlays, Onlays, Couronnes, Piliers, Bridges, appareil amovible, planification implantaire, ou de simples empreintes pour moulages d'études ou des gouttières

7-Sélection de la date de livraison



La création du fichier patient et du travail à réaliser est terminée

Annexe IV

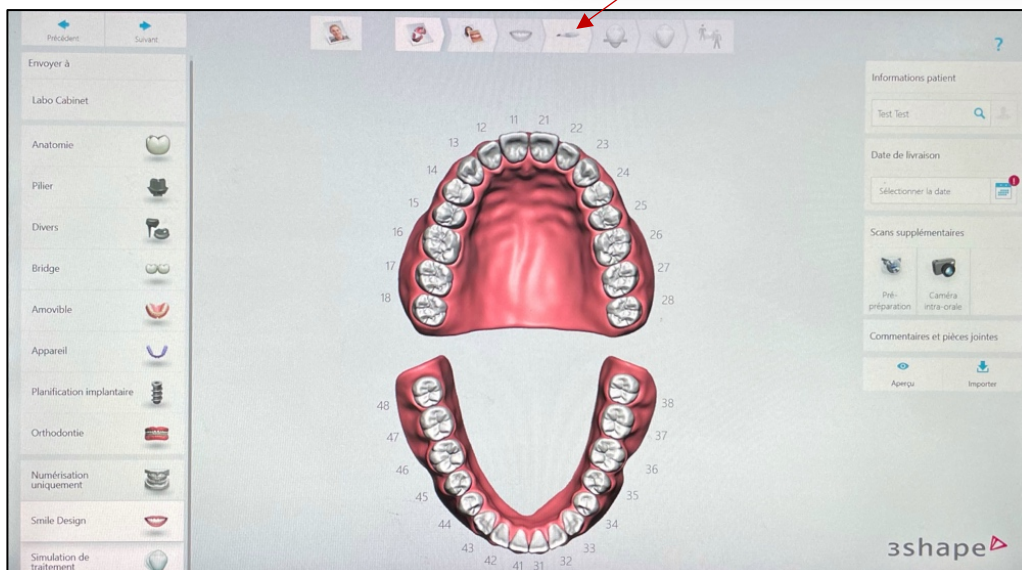
Procédure de numérisation

Chronogramme

- 1. Allumer la Caméra Trios 3**
- 2. Sélectionner l'utilisateur**
- 3. Création de la fiche patient (Voir Annexe III)**
- 4. Création d'un nouveau travail (Voir Annexe III)**
- 5. Vérifier que le miroir de l'embout de scan soit propre**
- 6. Monter l'embout de scan sur la caméra**
- 7. Numérisation Mandibulaire**
- 8. Numérisation Maxillaire**
- 9. Enregistrement de l'occlusion**
- 10. Post Traitement et Envoi au sur le PC**
- 11. Récupérer les fichiers STL**

1- Une fois le fichier patient et le nouveau travail enregistrés (Annexe III), lancer la numérisation, la caméra propose toujours de commencer par la numérisation Mandibulaire

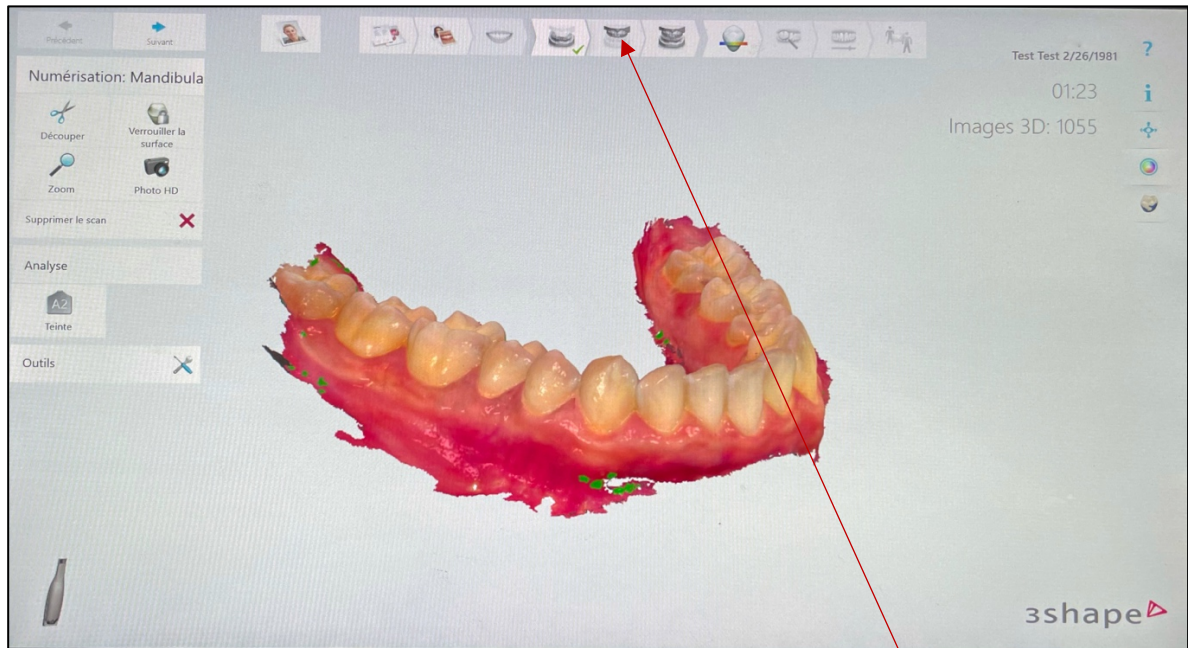
Cliquer ici, pour lancer la numérisation



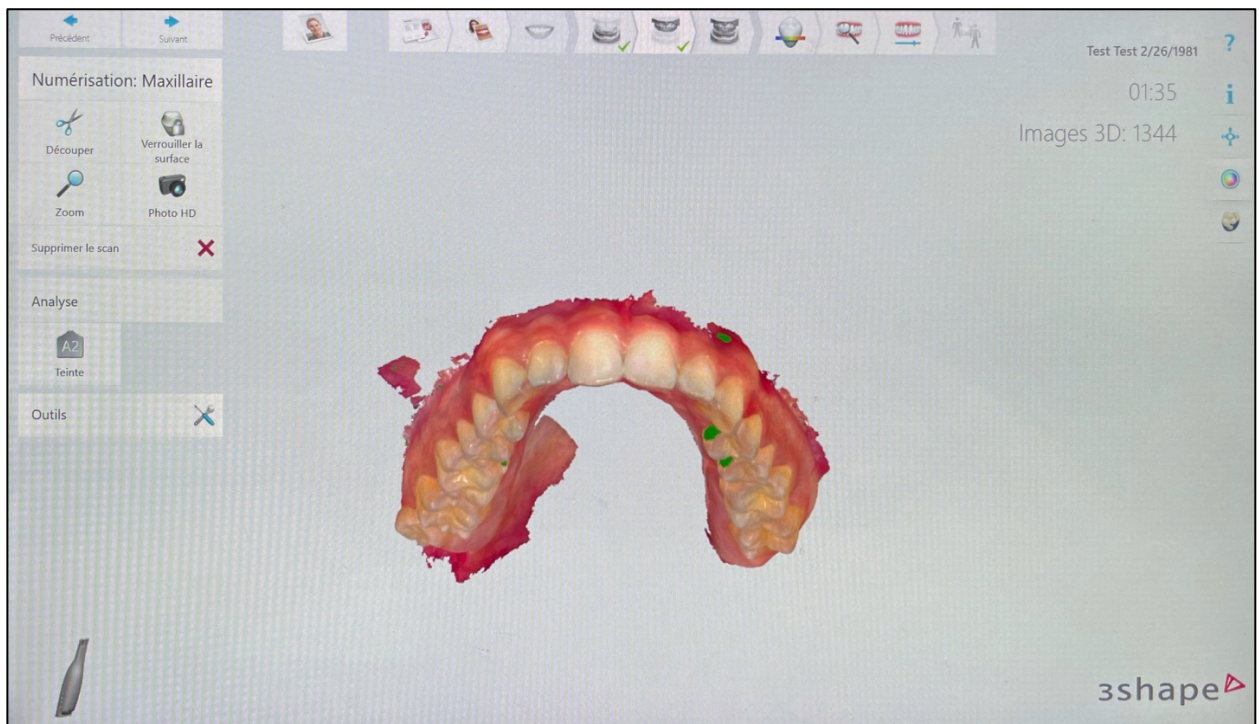
2- Numérisation Mandibulaire

Lors de la numérisation Mandibulaire il est recommandé par 3Shape :

- **De bien sécher la cavité buccale**
- **De commencer par la numérisation Occlusale**
- **De continuer par la numérisation Linguale**
- **De terminer par la numérisation Vestibulaire**



Numérisation mandibulaire terminée, cliquer « ici » pour lancer la numérisation Maxillaire



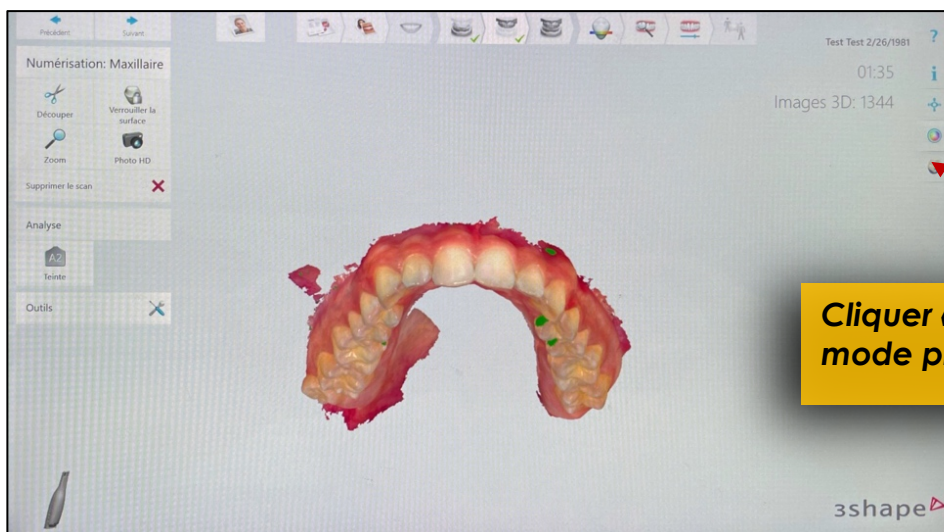
3-Numérisation Maxillaire

Lors de la numérisation Maxillaire il est recommandé par 3shape :

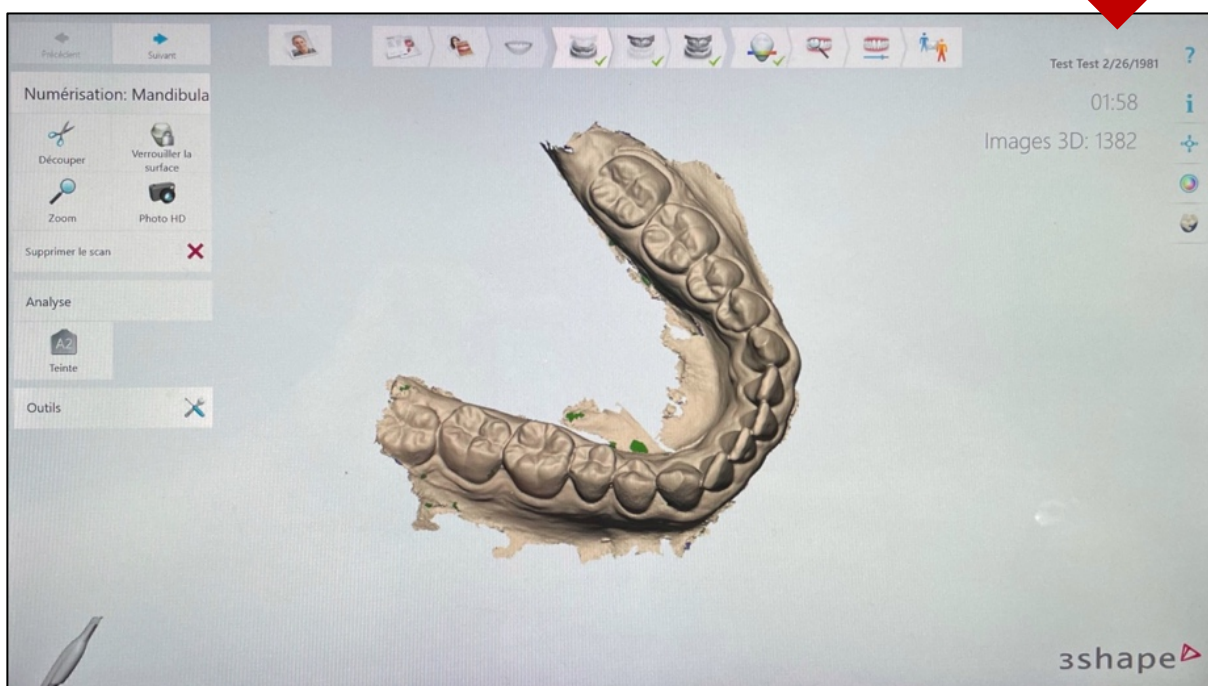
- **De bien sécher la cavité buccale**
- **De commencer par la numérisation Occlusale**
- **De continuer par la numérisation Vestibulaire**
- **De terminer par la numérisation Linguale**

Numérisation Maxillaire :

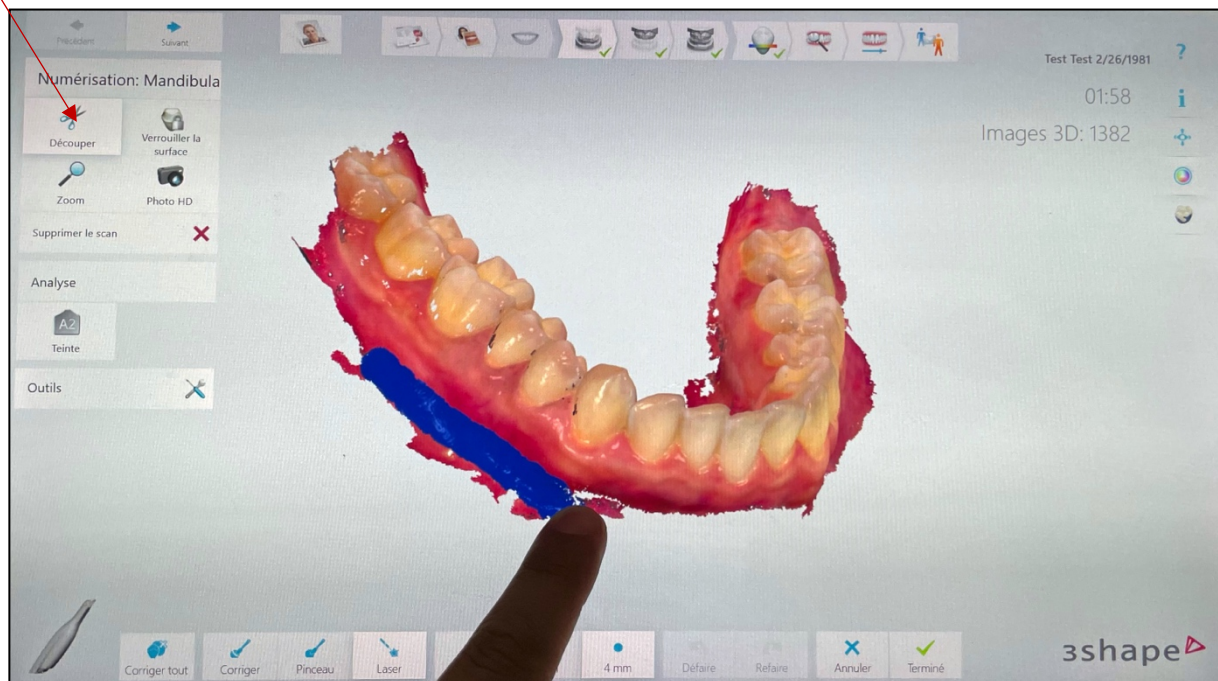
- **Les zones vertes correspondent à des zones qui n'ont pas été numérisé lors de l'empreinte**
- **Il est également possible de passer l'empreinte en mode plâtre**
- **Il est également possible de réaliser des découpes sur l'empreinte numérique**



Cliquer « ici » pour passer au mode plâtre



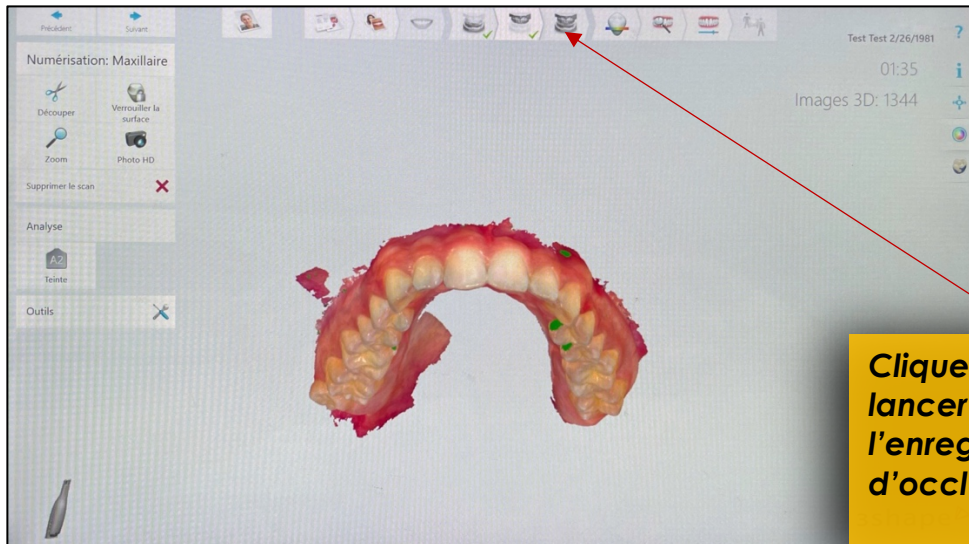
Cliquer « ici » pour utiliser l'outil « découpe », Réaliser la découpe directement sur l'écran tactile sur la zone à découper



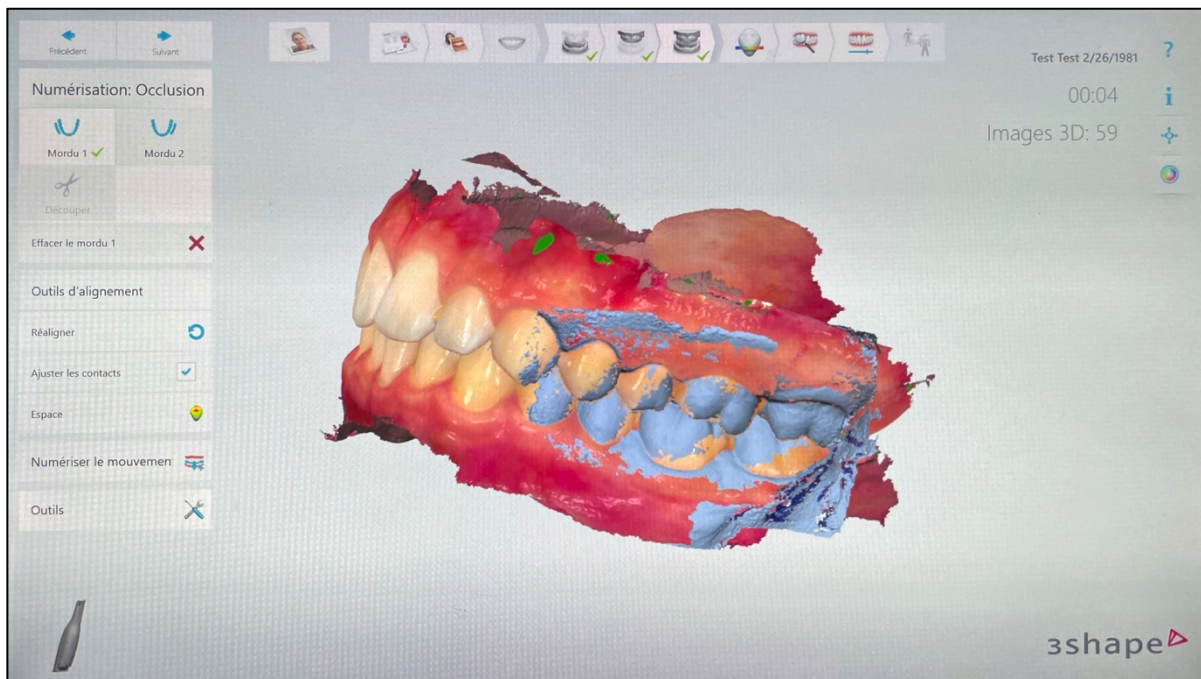
4-Enregistrement d'occlusion

Pour enregistrer l'occlusion, il suffit de faire fermer le patient en OIM, et de scanner l'OIM secteur 1-4 ou secteur 2-3

Le logiciel fait matcher les scans maxillaire et mandibulaire afin de les repositionner en OIM

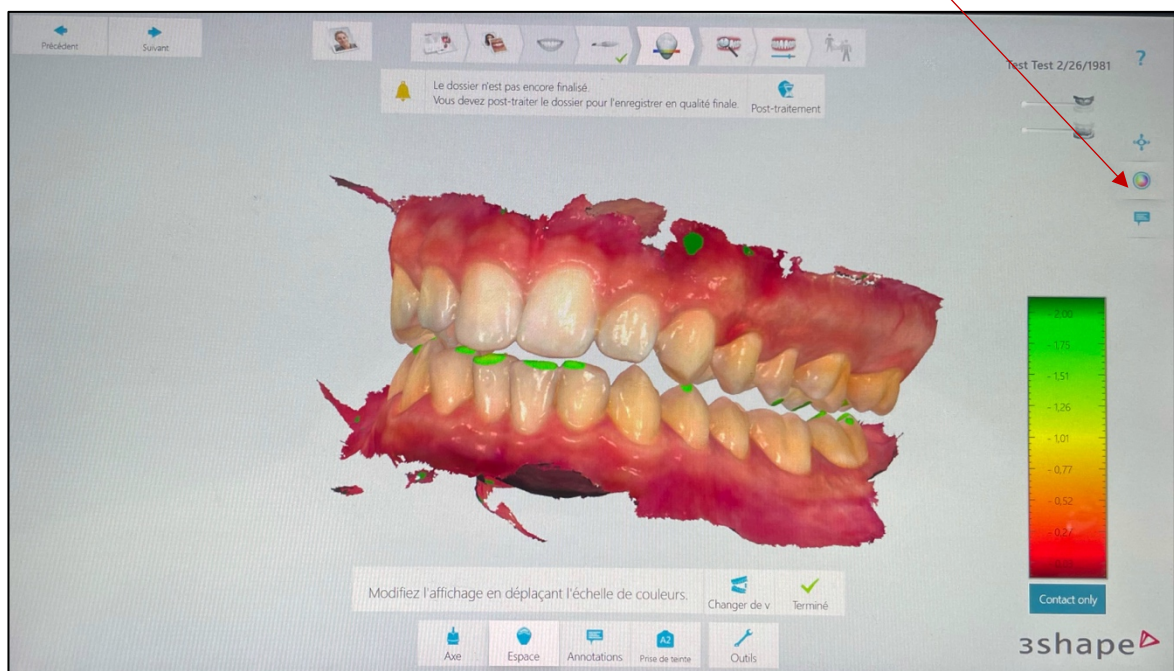


Cliquer « ici » pour lancer l'enregistrement d'occlusion



Une fois l'enregistrement d'occlusion terminé, il est possible de voir l'espace disponible entre les arcades

Appuyer ici, pour voir l'espace disponible entre les arcades

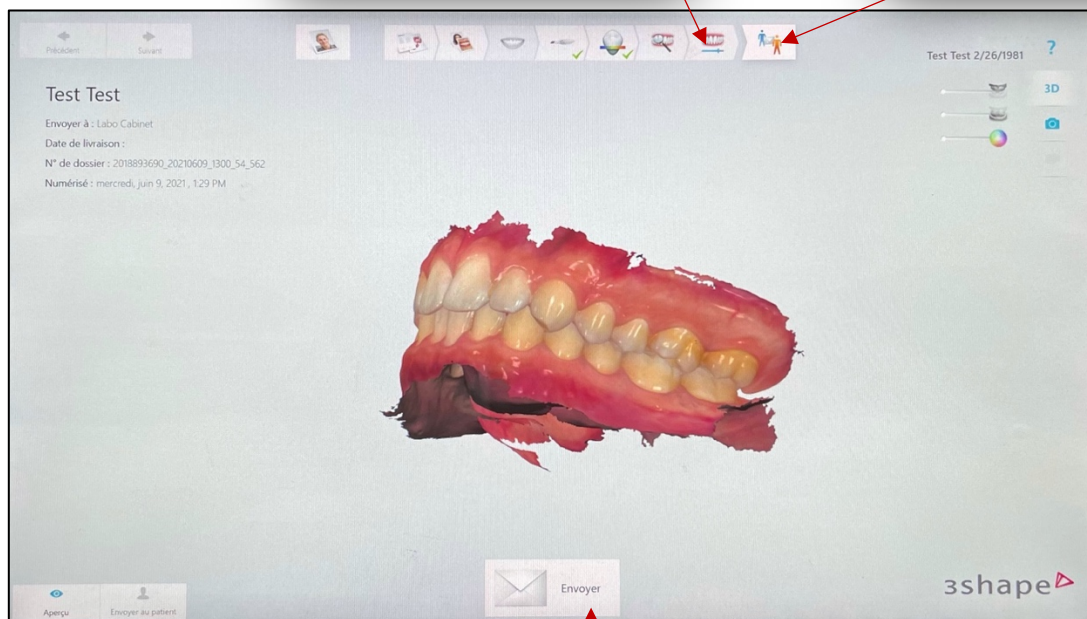


5-Post Traitement et Envoi sur le PC

Une fois l'empreinte optique terminée, il est nécessaire que le logiciel la Post-traite avant de l'envoyer

Cliquer « ici » pour Post-traiter le scan

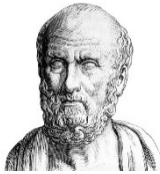
Cliquer « ici » pour aller sur la page d'envoi



3-Appuyer ici pour envoyer le travail sur le PC

Nom	Modifié le	Type	Taille
ABOUMAR NOURREDINE LowerAbdomen...	08/06/2021 09:32	DCM 3D model file	4 873 Ko
ABOUMAR NOURREDINE LowerAbdomen...	08/06/2021 09:32	DCM 3D model file	5 963 Ko
ABOUMAR NOURREDINE UpperAbdomen...	08/06/2021 09:32	DCM 3D model file	4 899 Ko
ABOUMAR NOURREDINE Biscan.dcm	08/06/2021 09:32	DCM 3D model file	2 551 Ko
ABOUMAR NOURREDINE Biscan.dcm	08/06/2021 09:32	DCM 3D model file	3 289 Ko
marin-franc-provost A2 UpperAbdomen...	08/03/2021 16:47	STL 3D model file	12 225 Ko
marin-franc-provost A2 Biscan.stl	08/07/2021 16:41	STL 3D model file	12 223 Ko
marin-franc-provost A2 LowerAbdomen...	08/07/2021 16:41	STL 3D model file	10 534 Ko
dalle moctar UpperAbdomen.stl	08/03/2021 15:11	STL 3D model file	17 643 Ko
dalle moctar Biscan.stl	08/07/2021 15:13	STL 3D model file	12 622 Ko
dalle moctar LowerAbdomen.stl	08/07/2021 15:13	STL 3D model file	12 617 Ko
dalle moctar Biscan.stl	08/03/2021 15:13	STL 3D model file	8 918 Ko
missini UpperAbdomen001.stl	08/07/2021 17:07	STL 3D model file	12 491 Ko
missini LowerAbdomen001.stl	08/07/2021 17:07	STL 3D model file	10 475 Ko
missini Biscan001.stl	08/03/2021 15:07	STL 3D model file	8 948 Ko
missini UpperAbdomen001.stl	08/07/2021 17:07	STL 3D model file	5 787 Ko
Henri LowerAbdomen001.stl	08/07/2021 15:06	STL 3D model file	9 942 Ko
Henri LowerAbdomen001.stl	08/03/2021 15:06	STL 3D model file	5 971 Ko
Henri Biscan001.stl	08/07/2021 15:06	STL 3D model file	3 624 Ko
HENICZ UpperAbdomen.stl	03/06/2021 11:28	STL 3D model file	9 942 Ko
HENICZ UpperAbdomen.stl	03/06/2021 11:28	STL 3D model file	3 242 Ko
HENICZ LowerAbdomen.stl	03/06/2021 11:28	STL 3D model file	5 917 Ko
miss UpperAbdomen.stl	30/06/2021 15:06	STL 3D model file	8 332 Ko
miss Biscan.stl	30/06/2021 15:06	STL 3D model file	3 361 Ko
miss UpperAbdomen.stl	30/06/2021 15:06	STL 3D model file	12 247 Ko
miss LowerAbdomen.stl	30/06/2021 15:05	STL 3D model file	8 750 Ko
missini UpperAbdomen.stl	30/06/2021 11:42	STL 3D model file	27 486 Ko
missini LowerAbdomen.stl	30/06/2021 11:42	STL 3D model file	18 475 Ko
missini Biscan.stl	30/06/2021 11:42	STL 3D model file	3 242 Ko
missini Biscan.stl	30/06/2021 11:42	STL 3D model file	3 242 Ko
dimma 2 ATTALI ODF UpperAbdomen.stl	09/06/2021 14:09	STL 3D model file	10 422 Ko
dimma 2 ATTALI ODF UpperAbdomen.stl	20/06/2021 16:49	STL 3D model file	10 422 Ko
dimma 2 ATTALI ODF Biscan.stl	09/06/2021 14:09	STL 3D model file	4 768 Ko
dimma 2 ATTALI ODF Biscan.stl	20/06/2021 14:09	STL 3D model file	4 698 Ko
Simonne Mobile UpperAbdomen.stl	20/06/2021 11:07	STL 3D model file	12 233 Ko
Simonne Mobile LowerAbdomen.stl	20/06/2021 11:07	STL 3D model file	8 750 Ko
gualiti 3 UpperAbdomen.stl	20/06/2021 17:55	STL 3D model file	11 491 Ko
Gualiti 3 UpperAbdomen.stl	20/06/2021 17:55	STL 3D model file	11 233 Ko
gualiti 3 UpperAbdomen.stl	20/06/2021 17:55	STL 3D model file	11 233 Ko
gualiti 3 UpperAbdomen.stl	20/06/2021 17:55	STL 3D model file	11 233 Ko
BIRGIN MATTEO Biscan.stl	21/06/2021 14:47	STL 3D model file	4 189 Ko
BIRGIN MATTEO Biscan.stl	21/06/2021 14:47	STL 3D model file	3 161 Ko
BIRGIN MATTEO LowerAbdomen.stl	21/06/2021 14:47	STL 3D model file	7 083 Ko
BIRGIN MATTEO UpperAbdomen.stl	21/06/2021 14:47	STL 3D model file	9 197 Ko

6-Récupérer les fichiers STL correspond au patient



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

STEFANI Alexis – Intégration de l’empreinte optique intra-orale au sein du service de réhabilitation orale de l’hôpital Timone : Protocole Clinique

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2021

Rubrique de classement : Odontologie Prothétique

Résumé :

De nos jours, dans une volonté d’accélérer et simplifier les processus, le numérique est omniprésent dans nos vies. C’est également le cas dans la pratique de l’odontologie où les outils numériques sont de plus en plus nombreux, notamment avec l’arrivée des caméras intra-orales qui ont été une véritable révolution, permettant de réaliser de manière simple et rapide des empreintes numériques remplaçant les empreintes physico-chimiques classiques. Aujourd’hui les empreintes optiques sont utilisées dans tous les domaines de l’odontologie que ce soit pour la dentisterie esthétique, l’orthodontie mais également pour la chirurgie implantaire et orthognatique. Il apparaissait donc indispensable que l’hôpital de la Timone s’équipe de Scanners intra-oraux afin de pouvoir donner des soins à la fois modernes et qualitatifs mais également permettre aux étudiants une préparation adaptée à leur future pratique.

Ce travail présente l’ensemble des orientations qui ont prévalu à la mise en place du projet au sein de notre structure hospitalière et comment celui-ci s’est organisé.

Il a également permis la réalisation de protocoles cliniques destinés aux différents utilisateurs

Mots clés : CFAO, Prothèse, Numérique, Protocoles, Pédagogie

STEFANI Alexis – Integration of the intra-oral optical impression in the oral rehabilitation department of Timone Hospital : Clinical Protocol

Abstract:

Nowadays, in order to speed up and simplify processes, digital technology is omnipresent in our lives. This is also the case in dental practice. Digital tools are more numerous, with in particular the revolution of intra-oral cameras which makes it possible to easily replace conventional impressions. Today, optical impressions are used in all areas of dentistry: aesthetics, orthodontics, but also for implant and orthognathic surgery. To provide both modern and qualitative care and to allow the students a preparation adapted to their future practice, it was essential that the Timone teaching hospital be equipped with intra-oral scanners. This work presents all the orientations that prevailed in the implementation of the project and how it is organized. It also allowed the realization of clinical protocols intended for different users.

Key words : CAD/CAM, Prosthesis, Digital, Protocols, Pedagogy

Adresse de l’auteur:

24 Chemin de Chave

13109 Simiane Collongue