

LES MEMBRANES

INTRODUCTION

La membrane est une barrière physique qui prévient la perte de matériau, empêche les fibroblastes de pénétrer dans le défaut osseux et donne aux cellules osseuses le temps nécessaire à la régénération. Elles sont utilisées lors de la régénération tissulaire guidée (RTG) ou de la régénération osseuse guidée (ROG).

Rôle de la membrane :

- garantir le volume et la hauteur de l'augmentation : maintien de l'espace
- accroître la sécurité thérapeutique : intégration tissulaire, imperméabilité cellulaire, biocompatibilité
- optimiser la régénération osseuse, afin que les conditions esthétiques et fonctionnelles soient remplies.

Deux types de membrane :

- membranes Non Résorbables
- membranes Résorbables.

I. LES MEMBRANES NON RÉSORBABLES

Leurs impératifs :

- occlusives aux cellules épithéliales et conjonctives, perméables aux facteurs de croissance
- maintien d'un espace
- stabilisation du caillot

Elles doivent rester en place 4 à 6 semaines sans infection ou exposition.

II. LES MEMBRANES RÉSORBABLES

- Avantages
 - pas de chirurgie de retrait de la membrane
 - simplification de la procédure chirurgicale
 - meilleur rapport coût/efficacité
 - diminution des complications post-opératoires.
- Inconvénients
 - pas de contrôle de la durée de fonction de la barrière
 - possibilité d'interférence entre la résorption / cicatrisation et de régénération osseuse
 - nécessité d'un matériau supportant la membrane.

L'évolution de la membrane après sa pose se fait en 4 étapes : hydratation, déformation, dégradation et résorption.

-II.1 LES MEMBRANES COLLAGÉNIQUES

Intérêts : hémostase, chimiotactisme, manipulation aisée et bonne tolérance.

- Origine du collagène :
 - péricarde, tendon d'Achille, derme : bovin et porcin
 - homme : dure-mère, placenta
 - recherches sur le collagène végétal.

Exemples ; Membrane Ossix[®] Plus (3i[®]) Membranes Biomend[®] et Biomend Extent[®] Les membranes bi-couches : Bio-Gide[®], Hypro-sorb[®]

II.2 LES MEMBRANES SYNTHÉTIQUES

II.2.1 Membrane vicryl[®]

Ce matériau synthétique biodégradable est produit à partir de polyglactine 910, comme les fils de suture (organisé en réseau et contenant des pores de taille inférieure à 2 mm.)

2 types :

- le treillis vicryl tissé : se résorbe à 4 semaines
- le treillis vicryl collagène (collagène bovin : 90 % type I et 10 % type II) : se dégrade plus vite (enzymes).

II.2.2 Membrane Résolut[®]

Elle est élaborée à partir de polymères lactiques et glycoliques, sans additif ou plastifiant.

La résorption se fait en 4 à 6 semaines.

Elle est indiquée pour les alvéolyses partielles et les récessions gingivales.

II.2.3 Membrane Paroguide[®] Elle est constituée de collagène (derme bovin) et de chondroïtine sulfate.

Elle présente des aspérités de surface qui permettent le développement et l'ancrage des fibres conjonctives. La résorption se fait en 4 - 8 semaines

II.2.4 Membrane Guidor * Elle est composée d'acide polylactique traité par un ester d'acide citrique.

Résorption : 6 semaines minimum.

II.2.5 Etik-Patch * Cette membrane est constituée d'élastine et de fibrine bovine avec un treillis de polyglactine (résistance mécanique). Sa composition est très proche du tissu conjonctif humain. Elle est l'application à l'Odontologie de l'Endo-patch * utilisée en chirurgie viscérale. La résorption se fait en 4 - 6 semaines.

II.3 LE CONCEPT MEMBRANAIRE PRF (PLATELET RICH FIBRIN)

Membrane de fibrine autologue, elle concentre les leucocytes, des plaquettes et des molécules de cicatrisation et de l'immunité. La fibrine sert de support, permet l'angiogenèse et le contrôle immunitaire. Elle assure la captation des cellules souches circulantes et l'épithélialisation de couverture de la plaie. La membrane PRF est perméable au développement d'une micro-vascularisation, guide la migration des cellules épithéliales, possède un effet stimulant du maillage de fibrine sur la colonisation. Les cellules souches sont piégées par la matrice fibrineuse.

LES SUBSTITUTS OSSEUX

INTRODUCTION

Les substituts osseux sont utilisés en chirurgie buccale, en parodontologie et en implantologie. Ils permettent de recréer un volume osseux suffisant en palliant les insuffisances d'épaisseur ou de hauteur. Ils peuvent être classés selon :

- Composition chimique : carbonates de calcium, céramiques phosphocalciques, phosphates tricalciques, céramiques biphasées, matériaux composites, polymères, bioverres et sulfates de calcium
- Leur origine : origine naturelle, origine synthétique
- Leurs caractéristiques d'utilisation : resorbabilité, injectabilité, prise et durcissement...

I DEFINITIONS

AUTOGREFFE : greffe des propres tissus d'un individu à lui-même.

Les sites de prélèvement sont l'os iliaque, le ramus, la zone retromolaire et l'os pariétal.

La résorption du greffon peut être faible à importante, voire totale : l'origine embryologique et le mode d'ossification du site de prélèvement sont prépondérants.

XENOGREFFE : greffe des tissus d'un individu à un autre d'une autre espèce.

MATERIAU ALLOPLASTIQUE : matériau synthétique.

ALLOGREFFE : greffe des tissus d'un individu à un autre d'une même espèce.

L'**OSTEOGENESE** est la formation de tissu osseux.

Dans un tissu ostéogène, on parlera d'**OSTEO-CONDUCTION**.

Dans un tissu non ostéogène, on parlera d'**OSTEO-INDUCTION**.

II MATERIAUX D'ORIGINE NATURELLE

Les banques d'os sont utilisées en Odonto-Stomatologie depuis les années 1970, et en chirurgie orthopédique depuis plus de 50 ans.

Ces produits sont très utilisés aux Etats-Unis. Ils sont ostéoinducteurs, ostéoconducteurs et résorbables.

On distingue selon le procédé de fabrication :

• **FDDB (Freeze Dried Bone Allograft)**: os d'origine humaine lyophilisé.

• **DFDB (DeminerIALIZED Freeze Dried Bone Allograft)** : os d'origine humaine lyophilisé et déminéralisé.

Inconvénients :

- transmission possibles : pathologies bactérienne ou virales (VIH, hépatite)
- altération de l'ostéo-induction par stérilisation (rayons gamma)
- réaction immunitaire, même si le greffon est irradié
- ostéo-conduction aléatoire au sein du greffon.

Exemples : GRAFTON R DBM, OSTEOSET BDM R.

II.2 XENOGREFFE

Les origines sont diverses : corail, seiche, mammifères (cheval, vache, cochon, mouton).

L'origine bovine est la plus fréquente.

La structure (porosité) est proche de celle de l'os humain, elle réalise l'intérêt de ces xenogreffes. Leur ostéointégration dépend du potentiel ostéogène du site receveur. Leurs propriétés biomécaniques sont intéressantes car quasiment identiques à celle du tissu humain.

Leur indication réside dans les zones soumises à des contraintes (propriétés mécaniques intéressantes), mais non utilisables pour les grandes pertes de substance.

Dans la classification des tissus et organes d'origine bovine en fonction de leur infectiosité (classification O.M.S.), l'os est classé dans la catégorie IV (pas d'infection détectable). Le risque de transmission (virus, prions) est faible, mais non nul. Les traitements consistent en l'élimination des débris cellulaires, la déprotéinisation, la délipidation, l'inactivation des virus et des prions, une stérilisation par irradiation.

II.3 HYDROXYAPATITE (HA) BIOLOGIQUE

Ce sont des xenogreffes céramisées à très haute température et transformées en hydroxyapatites biologiques, minéral constitutif de l'os.

Matériaux ostéoconducteurs, biocompatibles, de formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ et de structure comparable à celle de l'os humain. Exemples : ENDOBON R, BIO-OSS R, LUBBOCR, OXBONER, SURGIBONER, OSTEOGRAFR.

II.4 LES CARBONATES DE CALCIUM

Origines : corail, nacre, seiche.

Le corail naturel est purifié (élimination de la matrice organique) et stérilisé (rayons ionisants β). Ce matériau correspond à un carbonate de calcium, de formule CaCO_3 , cristallisé sous forme d'aragonite. Différentes espèces sont utilisées selon leurs caractéristiques structurales et les indications cliniques : le corail *Porites lutea* est préconisé en Odontologie.

Exemple : BIOCORALR.

Il possède une résistance à la compression importante, mais est fragile et possède une faible résistance à la traction. Récemment, il a été employé comme support de facteurs ostéoinducteurs (BMP) et de facteurs de croissance.

III MATERIAUX SYNTHETIQUES**III.1 CERAMIQUES PHOSPHO-CALCIQUES**

Ce sont des céramiques bioactives qui réalisent des échanges entre les cellules et les fluides biologiques. Leur composition chimique est similaire à celle de la phase minérale de l'os.

Les céramiques phospho-calciques manquent d'abord de propriétés mécaniques, mais acquièrent progressivement une résistance mécanique semblable à l'os spongieux.

III.1.1 Hydroxyapatites HA

Les hydroxyapatites synthétiques, de formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$, sont ostéophiles, ostéoconducteurs, non résorbables et biocompatibles. Il existe des hydroxyapatites poreuses ou denses (peu utilisés car ils ne permettent pas l'envahissement cellulaire et osseux).

Exemples : CERAPATITER, TRANS-OSSATITER.

III.1.2 Phosphate tricalcique : α TCP - β TCP

Forme poreuse du phosphate de calcium. Généralement encapsulé par du tissu conjonctif, le phosphate tricalcique $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ne stimule pas la croissance osseuse. La forme la plus utilisée en odontologie est la forme β TCP. Exemples : BIOSORBR, CALCIRESORBR, CEROSR, CERASORBR, BIOSORBR, RTRR

III.1.3 Céramiques biphasées

Elles associent l'hydroxyapatite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et le β TCP $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Le rapport entre hydroxyapatite et β TCP est variable selon les fabricants. Exemples : CALCIRESORB 35R, CERAFORMR, ALASKAR, MBCPR, CROSS-BONER

III.2 POLYMERES**III.2.1 Ciments acryliques**

Ils sont élaborés à partir de polyméthylméthacrylate (PMMA) et de polyhydroxyéthylméthacrylate (PHEMA) associés à de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ils sont ostéoconducteurs, ostéophiles et hydrophiles.

III.2.2 Polyesters aliphatiques

Ils sont dérivés des acides lactiques et /ou glycériques.

III.3 BIOVERRES

Ces silicates ($\text{M}_2\text{O} \cdot x\text{SiO}_2$ avec M : Na, K, Li...) peuvent contenir différents oxydes : Na_2O , CaO , K_2O , P_2O_5 ... En faisant varier les proportions, peuvent être produits des bioverres résorbables ou non.

Très ostéophiles (osteo-conducteurs), ils induisent une formation osseuse rapide et réalisent une barrière retardant la migration épithéliale. Les bioverres présentent une résistance mécanique beaucoup plus importante que l'hydroxyde de calcium ou le phosphate de calcium. Une double couche de gel de silicate et de phosphate de calcium se forme à la surface quand ils sont exposés aux fluides biologiques.

Exemples : PERIOGLASSR, BIOGRANR, BIOGLASSR.

III.4 SULFATE DE CALCIUM

C'est le plus ancien des substituts osseux.

Le sulfate de calcium hemihydrate, de formule CaSO_4 , correspond au "plâtre de Paris".

Inorganique, ce matériau, non-poreux, se caractérise par une bonne résorbabilité (1 à 2 mois) et présente la possibilité d'inclure des antibiotiques.

Il ne possède pas d'activité ostéo-conductrice et présente une faible résistance mécanique.

Exemple : LIFECORER, OSTEOSET.

IV MATERIAUX COMPOSITES

Ils sont composés de deux parties :

- inorganique : phase phospho-calcique : hydroxyapatite, β -TCP, phosphate de calcium Ca_3P_2
- organique : collagène, chondroïtine sulfate, peptides, copolymère polyester lactique – glycerol methyl-4 hydroxybenzoate...

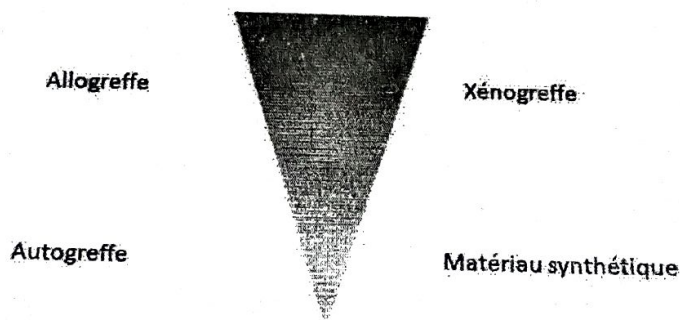
Biocompatibles, ils possèdent des propriétés biomécaniques intéressantes. Leur potentiel d'ostéocoduction est variable selon les procédés de préparation.

Leur indication réside dans les zones soumises à contraintes mais peu étendues. Le risque de contamination est limité (ESB, maladie de Creutzfeldt-Jakob).

Ils ont deux origines :

- origine synthétique : PEPGENR
- origine bovine et/ou porcine : BIOSTITER, BIO-OSSR COLLAGEN, RTRR, CALCIRESORB-COLLAGEN™, CERAPATITE-COLLAGEN™, COLLAPAT

VI RISQUE DE CONTAMINATION



1.1.1. Définition

Le sigle CFAO est l'abréviation de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur. Dans la profession, la CFAO désigne tous les équipements utilisés dans la chaîne numérique allant de la modélisation à la fabrication des prothèses dentaires. Outre les logiciels de conception et de fabrication assistées par ordinateur, la CFAO dentaire comprend, en amont, les équipements de numérisation 3D (scanners) et en aval, les équipements de fabrication à commande numérique.

1.1.2. Domaines d'application :

Cette technologie utilisée à la fois en laboratoire et en cabinet dentaire peut être appliquée aux inlays, onlays, facettes, inlay-cores, prothèses fixes (unitaires et plurales), prothèses fixes sur implants (collées ou vissées), prothèses amovibles et prothèses amovibles sur implants. Ces systèmes sont aussi utilisés en orthodontie, chirurgie et prothèse maxillo-faciale. Pour chaque famille, les procédés de fabrication diffèrent mais les processus numériques restent sensiblement les mêmes.

1.1.3. Matériaux

Afin de satisfaire tous les types de prothèses, les matériaux disponibles sont plus nombreux que ceux qu'offrait la méthode traditionnelle. Nous disposons d'une palette de matériaux en augmentation constante : Les métaux (précieux ou non), les résines (composites ou associées à des céramiques) et les céramiques (vitreuses, feldspathiques ou autres zircones) sont travaillés en CFAO. De plus en plus d'armatures sont fraisées en titane ou en cobalt-chrome. La CFAO a, par ailleurs, permis la banalisation du tout céramique. Les matériaux exploitables en CFAO dépendent de la technique de FAO utilisée, par addition ou soustraction. Ainsi, en plus de procédés soustractifs indirects, qui produisent des prothèses dentaires à partir de blocs de matériaux bruts par enlèvement de matière, d'autres procédés additifs directs sont utilisés

1.1.4. Historique

En 1987, l'association du Dr MÖRMANN (Suisse) et de Mr BRANDESTINI a permis la mise au point du Cerec 1® (Chairside Economical Restauration of Esthetic Ceramics). Ce système permettait de faire une empreinte en bouche et d'usiner des inlays en quelques minutes. Il fait aujourd'hui partie de la firme Sirona Dental System™. Le Procera® a vu le jour en 1987 grâce au Dr ANDERSON (Suédois). Il s'agit d'un système manufacturant de couronnes dentaires de haute précision. Biocare™ commercialisa le Procera® AllCeram en 1993. A partir de 1985, il n'était plus nécessaire de démontrer la faisabilité de cette technologie, mais de prouver son efficacité et son intérêt pour la profession. C'est dans les années 2000 qu'elle a acquis sa crédibilité chez les praticiens et les prothésistes. Cette technologie a permis à l'odontologie d'entrer dans l'aire du numérique

1.1.5. Composants de la CFAO dentaire

CFAO « directe », « semi-directe » ou « indirecte »

L'évolution de la CFAO s'est faite dans deux directions : (La première permet de réaliser une restauration en une seule séance en cabinet dentaire. (La seconde fait appel à des laboratoires ou des centres de production afin de réaliser des restaurations plus complexes, avec des matériaux plus difficiles à travailler. Ainsi, nous pouvons différencier différentes méthodes de CFAO : (En CFAO directe, le praticien réalise au cabinet et en une seule séance la restauration. L'empreinte optique

intra-buccale est traitée sur place, par le praticien qui réalise la restauration à l'aide d'une unité d'usinage à commande numérique. Cette technique ne permet pas de travailler de pleine masse de blocs de céramique ou de matières synthétiques, le praticien doit fabriquer en méthode directe des inlays, onlays, facettes, céramiques, couronnes unitaires ou bridges provisoires. (En CFAO semi-directe, l'empreinte optique coregistrée par le praticien est envoyée via internet à un laboratoire ou à un centre d'usinage partenaire. (En CFAO indirecte, le praticien réalise une empreinte classique physico-chimique, la transmet au prothésiste, qui réalise l'acquisition numérique des données.

1.1.6. Etapes de la chaîne numérique

La chaîne numérique correspond à l'ensemble des activités numériques menées sur un produit tout au long de son cycle de vie, sans rupture numérique. Dans le domaine de la prothèse dentaire, elle commence à la saisie de la prescription du praticien, jusqu'à la fin de vie de la prothèse. En CFAO, elle va de la numérisation de l'empreinte à la fabrication de la prothèse.

2.2.1. Acquisition des données numériques :

Tout système CFAO en odontologie débute par l'acquisition des données topographiques de la zone de travail et de l'arcade antagoniste. Ces données analogiques sont alors converties en données numériques : chaque point est alors mathématiquement défini par des coordonnées x, y et z.

Plusieurs concepts cohabitent actuellement :

__ L'acquisition extra-orale sur des modèles coulés, des empreintes ou des maquettes. Elle est faite au laboratoire de prothèse par micropalpatation ou par scannage optique.

__ L'empreinte optique intra-orale à l'aide d'une caméra intra-buccale.

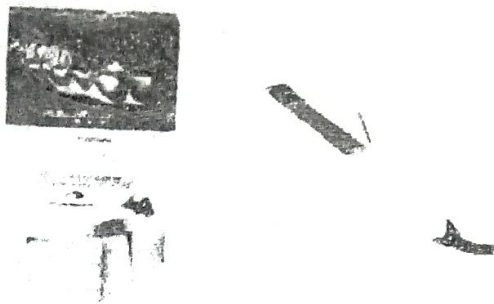
2.2.1.1. Prise d'empreinte intra-buccale au cabinet

L'empreinte optique (PEO) intra-buccale, inventée par François DURET dans les années 70, est apparue au milieu des années 80 pour rester jusqu'à ces derniers temps assez confidentielle. La PEO restait, jusqu'il y a peu de temps, le maillon faible de la chaîne numérique dans les cabinets dentaires. Aujourd'hui, une quinzaine de caméras permet de faire des empreintes optiques 3D en bouche. Ces caméras utilisent sensiblement le même principe d'empreinte optique, mais avec des fonctionnalités cliniques différentes. Elles permettent une technique de prise d'empreinte plus rapide, précise et confortable. Les systèmes de prise d'empreinte intra-orale peuvent se présenter sur « chariot ». Les caméras Bluecam®, Omnicam® et Apollo DI® de Sirona™, la E4D Dentist® de D4 Technologie™, l'iTero® d'Align™, la Lava C.O.S® de 3M ESPETM et la TRIOS® de 3Shape™, sont les systèmes principalement utilisés en cabinet dentaire. Les caméras permettant une PEO intra-orale au cabinet peuvent également être portatives. Elles sont plus compactes que les caméras sur « chariot » et sont connectables sur un ordinateur via un port USB, Firewire ou via une station

Les PEO peuvent se classer comme suit selon leur destination :

a) **La CFAO « directe »** Les données restent au cabinet pour y être traitées par un système de CFAO directe. Différents systèmes peuvent être utilisés : ! Le système Cerec® de Sirona™ (31) Ces deux caméras sont associées à un clavier, un « trackball », un écran et un centre d'usinage.

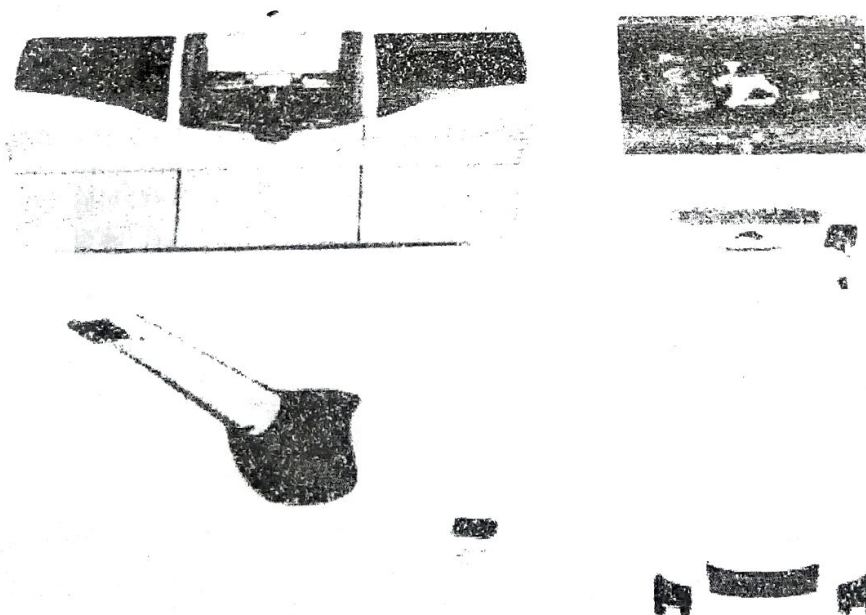
o La caméra Bluecam®



Cette caméra a été présentée en 2009. Elle fonctionne en « point and click », par saisie d'un petit nombre de clichés et création d'un modèle 3D. La caméra projette une lumière bleue et se déclenche automatiquement. Elle nécessite un poudrage préalable des surfaces à enregistrer.

Ce système permet au praticien de fabriquer la prothèse entièrement au cabinet ou de se connecter à un laboratoire équipé en CAO.

o La caméra Omnicam®



Chez Sirona™, le dernier système est le système Omnicam®.

il est commercialisé depuis le 16 août 2012.

Cette caméra fonctionne sur la base d'une saisie continue des données (« 3D in motion ») et la modélisation du modèle 3D en couleur.

Cette caméra ne nécessite pas de poudrage.

Ce système permet au praticien de fabriquer la prothèse entièrement au cabinet ou de se connecter à un laboratoire équipé en CAO.

Sirona™ a décliné différents systèmes en CFAO directe.

Les deux caméras et les trois centres d'usinage Cerec®, sont désormais disponibles en trois gammes : Classic, Advanced et Premium.

--- La gamme Classic comprend la caméra Bluecam® et le centre d'usinage MCXL. Ce système permet de réaliser des reconstitutions unitaires.

--- La gamme Advanced comprend la caméra Omnicam® et le centre d'usinage MCXL. Ce système permet de réaliser des reconstitutions unitaires, des bridges (3 éléments) ou des gouttières chirurgicales.

--- La gamme Premium comprend la caméra Ornnicam® et le centre d'usinage Inlab MCXL. Ce système offre l'éventail le plus complet de matériaux et le centre d'usinage le plus performant et permet l'usinage de bridges de grande étendue (jusqu'à 12 éléments), de modèles d'étude en résine (...)

b) La CFAO « semi-directe »

Les données sont enregistrées au cabinet dentaire, par exemple grâce aux systèmes sur « chariot » : Apollo DI® de Sirona, iTero® d'Align, TRIOS® de 3Shape ou avec des caméras portatives.

On parle de CFAO semi-directe : les fichiers sont adressés via internet au laboratoire partenaire ou à un centre de production.

La caméra APOLLO DI® de SIRONA



Cette caméra développée par Sirona™ est destinée à externaliser la production via le portail Sirona Connect™.

Elle est disponible sur le marché depuis mars 2013.

Le système se compose d'une unité de prise d'empreinte, de la caméra intra-orale APOLLO DI® et du logiciel APOLLO Connect™.

Cette caméra nécessite un poudrage des surfaces à enregistrer.

Les données de modélisation numérique réalisées à partir du logiciel APOLLO

Connect™ sont transmises via la plateforme internet Sirona Connect™ au laboratoire dentaire où elles sont ensuite traitées avec le système inLab™ ou avec des systèmes externes (fichiers ouverts).

2.2.2. La Conception Assistée par Ordinateur : CAO

2.2.2.1. La modélisation des restaurations

Le sigle CAO signifie Conception Assistée par Ordinateur.

La CAO correspond à la modélisation des restaurations dentaires.

La conception informatisée de la pièce prothétique se réalise à l'aide de logiciels de plus en plus performants.

Aujourd'hui, le praticien et le prothésiste disposent d'une grande diversité de méthodes d'imagerie performantes et de logiciels ergonomiques.

Les programmes de CAO permettent la transformation de données analogiques (situations cliniques intra-buccales) en données numériques.

Ils permettent également d'enregistrer ou de déterminer les rapports inter-maxillaires.

La plupart des logiciels de CAO utilisent un noyau graphique de modélisation géométrique polygonale.

Ainsi, les données issues de la numérisation 3D (caméras intra-orales ou scanners) sont exploitées directement :

a) Au cabinet dentaire

Dans le cas de la numérisation 3D intra-buccale, il s'agit toujours d'un procédé qui génère un modèle 3D par maillage et triangulation

Une fois l'empreinte enregistrée, elle est transmise à une unité informatique, munie d'un logiciel mathématique CAO, pour la modélisation du modèle prothétique.

Ce traitement peut se faire, soit au cabinet directement, si le praticien dispose de l'équipement dans sa totalité, soit au laboratoire de prothèse, si ce n'est pas le cas.

Le fichier STL est importé dans le logiciel de CAO dentaire pour la conception.

a) Au laboratoire

Les systèmes de numérisation 3D utilisés par les prothésistes pour digitaliser les modèles en plâtre ou les empreintes génèrent un maillage de points.

Les points sont alors reliés entre eux pour constituer un modèle 3D par triangulation.

Ces données sont alors transférées vers les logiciels de modélisation, sous un format de fichier STL.

Le traitement d'image est fait directement par le logiciel qui supprime les informations inutiles ou redondantes.

Le praticien ou le prothésiste dessinent alors les contours de la future prothèse.

La modélisation se fait à partir d'une bibliothèque d'images.

Les logiciels de CAO actuels permettent de reproduire tous les gestes effectués au laboratoire. Ils permettent, par exemple, de visualiser l'espace prothétique utilisable, de mettre en évidence les contre-dépouilles ou de tourner le modèle dans tous les sens de l'espace.

2.2.2.2. Flux de données, systèmes ouverts ou fermés

La plupart des logiciels de CAO dentaire - et c'est le cas des logiciels les plus répandus - utilisent un noyau graphique de modélisation polygonale qui leur permet d'exploiter directement les données issues de la numérisation 3D.

Ce flux de données peut-être :

- Fermé, c'est à dire dédié à un système bien particulier.
- Ouvert : les données peuvent être transmises d'un système à un autre (de marque différente).

2.2.3. La Fabrication assistée par ordinateur : FAO

La Fabrication Assistée par Ordinateur consiste en deux principales opérations :

- La préparation de la fabrication en fonction du procédé de mise en forme et du

matériau utilisé.

--- La création de séquences de mise en forme d'une ou plusieurs maquettes numériques à fabriquer simultanément.

La FAO est une composante essentielle de la chaîne numérique sans rupture. En effet, la FAO est l'interface entre la CAO et la machine de mise en forme du matériau.

Le logiciel FAO prépare la séquence de production en adéquation avec la machine associée.

Les développeurs de logiciels FAO travaillent essentiellement avec les constructeurs de machines à usiner.

La préparation d'une production consiste à placer les maquettes 3D à fabriquer dans le brut ou sur le plateau. L'information est ensuite envoyée au centre de production.

2.2.3.1. Deux techniques de FAO

La fabrication assistée par ordinateur peut se faire par addition ou par soustraction.

a) Les techniques soustractives

La fabrication par technique soustractive ou usinage consiste à mettre en forme un objet par soustraction de matière.

L'usinage est une technique permettant de réaliser tous types de composants des prothèses fixées et hybrides.

Cette technique permet aujourd'hui d'usiner de la zircone pré-frittée, des matériaux calcinables et plastiques.

Certains centres d'usinage sont équipés de machines capables d'usiner le titane, le cobalt-chrome et la zircone frittée.

L'usinage de la pièce peut se faire selon trois, quatre ou cinq axes :

--- Les machines trois axes sont suffisantes pour usiner des couronnes, des chapes et des bridges. Le nombre d'éléments d'un bridge dépend du bloc à usiner supporté par la machine.

Elles permettent également d'usiner des barres à sens d'insertion simple.

--- Les machines quatre axes permettent d'étendre l'usinage à la fabrication des piliers.

--- Les machines cinq axes sont nécessaires pour usiner des suprastructures complexes, telles que des barres à directions divergentes ou pour l'usinage simultané d'une série de piliers.

Aujourd'hui, une vingtaine de machines-outils adaptées à la production de restaurations dentaires est disponible en France.

L'usinage est la technique qui offre le plus de précision, elle est donc indiquée dans la réalisation des suprastructures implantaires nécessitant une excellente passivité.

Cependant, cette technique engendre des pertes importantes de matériaux lors de l'usinage.

b) Les techniques additives

La fabrication additive consiste en la mise en forme d'un objet par ajout de matière par empilement de couches successives (contrairement à l'usinage qui met en forme un objet par enlèvement de matière).

On parle dans ce cas de « fabrication directe » car on forme une pièce directement à partir de sa représentation numérique 3D, sans passer par un moule ou par l'usinage d'un bloc.

Elle permet la fabrication simultanée de pièces de morphologies différentes et de formes complexes.

En technique additive, chaque machine est dédiée à un seul type de matériau.

Ces machines sont réservées aux laboratoires ou aux centres d'usinage,

contrairement aux usinages utilisables par les praticiens en CFAO directe.

La technique additive regroupe différents types de machines :

a. Les imprimantes 3D

Elles permettent le modelage par dépôt sélectif en jets multiples d'une cire durcie par chauffe ou d'une résine photosensible liquide durcie par polymérisation UV.

L'expression « imprimante 3D » désigne les machines de fabrication additive utilisant le même principe que l'impression par jet d'encre pour le dépôt sélectif, soit du matériau à l'état liquide, soit d'un liant venant agglomérer des poudres.

Dans le langage usuel, cette expression désigne les machines de fabrication additive pouvant s'utiliser dans un environnement de bureau et permettant un rechargement facile du matériau, en remplaçant une cartouche ou en remplissant un bac.

b. La Stéréolithographie

Elle consiste en le modelage par polymérisation UV sélective d'un mélange cire/résine liquide photosensible contenue dans une cuve.

c. La Microfusion (ou Frittage Laser)

En 2003, la fabrication additive a fait une avancée importante avec la microfusion de poudres métalliques par Laser ou par faisceaux d'électrons.

Le procédé consiste à fondre la poudre selon les paramètres géométriques définis à partir du fichier CAO, puis la poudre fondue est solidifiée rapidement formant des cordons de matière solide.

Cette technique est aujourd'hui la plus adaptée pour la fabrication d'armatures et de châssis en métaux durs, car plus rapide et plus rentable que le procédé de fonderie ou d'usinage.

La fabrication additive est une technique éprouvée pour la fabrication de couronnes, chapes, bridges, ou de châssis métalliques de prothèses mobiles.

Le cobalt-chrome est le matériau de choix de cette technique.

L'usinage permet de fabriquer tous les composants des prothèses fixes et hybrides.

L'alumine, la céramique, le cobalt-chrome, le titane ou la zircone peuvent être usinés.

