

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

**FACULTE DE SANTE – DEPARTEMENT
D'ODONTOLOGIE**

ANNEE 2022

2022 TOU3-3051

THESE

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

Présentée et soutenue publiquement

par

BOCCI Vincent

Le 10 novembre 2022

**MICROCHIRURGIE ENDODONTIQUE : LES GUIDES
CHIRURGICAUX UNE AIDE AUX PRATICIENS NOVICES**

Directeur de thèse : Professeur Franck DIEMER

JURY

<i>Président :</i>	<i>Professeur Franck DIEMER</i>
<i>1er assesseur :</i>	<i>Professeur Vincent BLASCO BAQUE</i>
<i>2^{ème} assesseur :</i>	<i>Docteur Marie GURGEL GEORGELIN</i>
<i>3^{ème} assesseur :</i>	<i>Docteur Nicolas ALAUX</i>





Faculté de santé
Département d'Odontologie

➔ **DIRECTION**

Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

Vice Doyenne de la Faculté de Santé
Directrice du Département d'Odontologie

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjointes

Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

Doyens honoraires

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

Chargés de mission

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Marion GUY-VERGER,
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE,

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS
Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES
Assistante : Mme Géromine FOURNIER
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX, Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Joffrey DURAN
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : M. Clément CAMBRONNE
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY,
M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Olivier DENY

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE,
Mme Lucie RAPP

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,
Maîtres de Conférences : M. Rémi ESCLASSAN, M. Antoine GALIBOURG,
Assistants : Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY
M. Julien GRIFFE
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-
Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM,
M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND M. Thierry DENIS,
M. Thibault YAGUE

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONNIOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES, Mme. Julie FRANKEL
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 01 Octobre 2022

Remerciements :

A Maman et Papa. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir soutenu dans tous mes projets. Merci pour tout votre amour, pour votre patience et les valeurs que vous m'avez transmises. Sans vous, je n'en serai pas là aujourd'hui.

A Mamie Paulette, pour le lien que tu maintiens entre tous les membres de la famille et tout ce que tu as fait pour moi.

A Emilienne, Augustin et Gino, mes autres grands parents, je ne vous oublie pas et j'espère que vous êtes fiers de moi.

A mon frère Sébastien, à mes cousines Elsa et Camille, à mes tantes Martine, Josette, Monique, Jacquie, à mes oncles Guy, Gaetan et Roger, pour ces 26 années, ces repas de famille et tout ce que vous m'avez apporté.

A Manon, merci pour tout le calme et la sérénité que tu m'as apportés. A nous, à notre avenir.

A Paul mon binôme, pour ces trois années de clinique et ces années de fac, pour les emplois du temps mal gérés, les coups de chaud mais surtout pour les fous rires et les bons moments.

A Lucas, Jean, Antoni, Paul, je suis fier de vous compter parmi mes amis proches. A ces cinq années de fête et de rire ainsi qu'à toutes celles qui arrivent.

A Adrien pour tes conseils, et les discussions sur tous sur les sujets possibles. Je te souhaite tout le meilleur dans le rôle de père de famille qui t'attend.

A Eléonore et Clara mes amies, pour ces belles années.

A tous ceux de la Ohana et du 13 organisé pour toutes ces villas, voyages et soirées en tout genre.

A mes amis du kayak, Ugo, Ramon et tous les autres, pour toutes ces années à parcourir les rivières de France, été comme hiver. Vous avez été une grande partie de ma vie.

A mes amis Alexandre, Amandine pour ces années de lycée et celles qui ont suivi.

A Anthony et Amelie pour votre amitié et votre aide pendant cette thèse.

A toutes les personnes avec qui j'ai grandi, étudié, navigué que j'ai perdu de vue et qui ont fait partie de ma vie.

A notre Président du jury,

Monsieur le Professeur Franck Diemer,

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du comité scientifique de la Société française d'Endodontie
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose
- Co-responsable du diplôme Inter-Universitaire d'odontologie du Sport
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse ainsi que pour le temps que vous m'avez accordé.

Je vous remercie également pour la qualité de votre enseignement que vous avez su me transmettre ainsi que pour m'avoir permis d'assister à l'AEU de microchirurgie.

Veillez trouver dans cette thèse toute ma gratitude et ma reconnaissance.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Professeur Vincent BLASCO BAQUE,

- Professeur des Universités Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Diplôme Inter-Universitaire d'Endodontie de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse
- Diplôme Universitaire de Pédagogie en Santé de l'université Paul Sabatier
- Responsable Diplôme Universitaire de Médecine bucco-dentaire du Sport
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier
- Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)
- Co-responsable AEU Micro-Chirurgie Endodontique
- Responsable Equipe Intestin clinc comics Oral Microbiote INCOMM/INSERM

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse.

Je vous remercie également pour votre enseignement et la rigueur que vous nous avez transmis.

Je garde en mémoire les moments partagés au bord des terrains de rugby universitaire.

Je vous prie de trouver ici l'expression de toute mon estime, ma sympathie et

Mes remerciements.

A notre jury de thèse,

Madame le Docteur Marie GURGEL GEORGELIN,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- Doctorat d'Université - Université d'Auvergne-Clermont

C'est un grand plaisir de vous compter parmi les membres de notre jury.

Je tiens à vous témoigner ma gratitude pour la qualité et le dynamisme de votre enseignement.

Je vous remercie sincèrement pour l'aide que vous m'avez apportée durant mes études.

Vous trouverez par ces quelques mots l'expression de mon profond respect.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Nicolas ALAUX,

- Assistant Hospitalo-Universitaire en dentisterie restauratrice à l'Université de Toulouse
- Docteur en Chirurgie Dentaire, diplômé de la Faculté d'odontologie de Toulouse
- Diplôme Universitaire de Conception et fabrication assistées par ordinateur de la Faculté d'Odontologie de Toulouse
- Certificat d'Etude Supérieure en dentisterie endodontique et restauratrice de la Faculté d'Odontologie de Toulouse
- Attestation d'Etude Supérieure médico-chirurgical de la Faculté de Toulouse.

*Je suis très heureux de vous compter parmi les membres du jury et vous remercie d'avoir
accepté d'en faire partie.*

*Je vous remercie pour les moments d'échanges et de conseils, ainsi que pour ceux partagés
sur les greens.*

*Veillez trouver dans ces mots et dans ce travail l'expression de mon amitié et de mon
profond respect.*

Introduction :.....	12
I. Partie bibliographique : la microchirurgie endodontique guidée :.....	13
1. Micro Chirurgie Endodontique	13
01. Les objectifs d'une microchirurgie endodontique :	13
02. Indications et contre-indications.....	13
03. Protocole opératoire conventionnel :.....	14
i. Anesthésie :.....	14
ii. Incision et levée du lambeau	15
iii. Ostéotomie	15
iv. Résection et curetage alvéolaire	15
vi. Préparation canalairé :.....	16
vii. Obturation	16
viii. Sutures	16
2. Les guides en chirurgie :.....	17
01. Cahier des charges d'un guide chirurgical :.....	17
3. Etapes de réalisation d'un guide chirurgical :.....	17
01. Tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT)	17
02. Empreintes	19
03. Logiciel de conception.....	19
04. Fabrication	21
05. Choix de l'imprimante :.....	22
II. Etude et rapport de cas :.....	22
1. Apport de l'endodontie guidée en chirurgie apicale pour le praticien inexpérimenté :.....	22
01. Introduction :	22
02. Revue de littérature :	22
03. Méthodologie :	24
04. Résultats :.....	25
05. Discussion :	27
06. Conclusion :.....	30
2. Cas clinique	31
01. Présentation du cas :.....	31
02. Planification pré-opératoire :	32
03. Per opératoire.....	34
04. Discussion :	37
3. Points clés à valider pour la conception d'un guide chirurgical en Micro Chirurgie endodontique :.....	38
Conclusion :	40
Table des illustrations.....	42
Bibliographie	43

Lexique :

- **DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)** est une norme en médecine pour faciliter la transmission d'images radiologiques et informations médicales. Ce fichier peut contenir une image radiographique ou une série d'images. Il contient également des informations relatives au patient en terme normalisés. (1)
- **Nuage de points** « Ensemble de sommets dans un système de coordonnées 3D. Ces sommets sont généralement définis par des coordonnées X, Y et Z, et sont généralement destinés à être représentatifs de la surface externe d'un objet. Les nuages de points sont le plus souvent créés par des scanners 3D. Ces appareils mesurent de manière automatique un grand nombre de points à la surface d'un objet, et produisent souvent un nuage de points sous forme de fichier de données. Le nuage de points représente l'ensemble des points mesurés par l'appareil »(2)
- **Stéréolithographie (SLA)** « Également connue sous le nom d'impression 3D, de fabrication optique, de photo-solidification, de fabrication solide de forme libre et d'imagerie solide. Il s'agit d'une technologie de fabrication additive utilisée pour produire des modèles, des prototypes et des pièces de production. La stéréolithographie est un processus de fabrication additive qui utilise une cuve de résine photo-polymérisable liquide qui durcit aux ultraviolets (UV) et un laser UV pour construire les couches des pièces une par une. Pour chaque couche, le faisceau laser trace une coupe transversale du motif de la pièce sur la surface de la résine liquide. L'exposition à la lumière laser UV durcit et solidifie le motif tracé sur la résine et le joint à la couche inférieure ».(2)
- **STereo-Lithography (STL)** « Format de fichier natif du logiciel de CAO de stéréolithographie créé par 3D Systems. Ce format de fichier est pris en charge par de nombreux autres progiciels ; il est largement utilisé pour le prototypage rapide et la fabrication assistée par ordinateur. Un fichier STL décrit uniquement la géométrie de surface d'un objet 3D sans aucune représentation de la couleur, de la texture ou d'autres attributs de modèle CAO courants ». (2)

Introduction :

Les nouvelles technologies prennent une place de plus en plus importante dans notre pratique. En endodontie, l'imagerie volumétrique par faisceau conique (CBCT) est un outil essentiel quand l'anatomie canalaire devient complexe. Il permet une analyse précise des rapports d'une lésion péri-apicale avec de potentiels obstacles anatomiques ainsi que l'étude de l'ampleur de cette dernière avant une chirurgie endodontique.

Plus récemment des guides imprimés ont fait leur apparition dans la spécialité. Ils sont utilisés dans des cas où la perméabilité canalaire est complexe à obtenir, dans des cas de réimplantation ou pour cibler la zone à réséquer en chirurgie apicale. (3)

Nous allons chercher l'intérêt que peuvent avoir ces guides en chirurgie endodontique lors des premières interventions d'un praticien inexpérimenté. Nous développerons les étapes nécessaires pour les concevoir en mettant en lumière les difficultés qui peuvent être rencontrées.

La Société Française d'Endodontie définit la chirurgie endodontique comme « la branche de la dentisterie qui concerne le diagnostic et le traitement des lésions d'origine endodontique ne répondant pas aux soins endodontiques conventionnels ou ne pouvant pas être traitées par ceux-ci »

I. Partie bibliographique : la microchirurgie endodontique guidée :

1. Micro Chirurgie Endodontique

01. Les objectifs d'une microchirurgie endodontique :

L'objectif de cette thérapeutique est de conserver une dent sur arcade qui présente une lésion péri-apicale et dont le traitement ou retraitement par voie conventionnelle est impossible et/ou a échoué. D'après l'Académie Canadienne d'Endodontie les objectifs de la chirurgie endodontique sont :

- L'absence ou l'élimination de signes cliniques et/ou de symptômes.
- La préservation de l'intégrité du système canalaire et radiculaire.
- L'obturation à retro de façon étanche du système canalaire et la restauration des tissus dentaires péri-radicaux pour retrouver la santé et la fonction de la dent. (4)

Les points clefs pour obtenir une cicatrisation sont les suivants :

- La résection et le retrait de la partie apicale de la racine qui est à l'origine de la lésion.
- L'exérèse complète des tissus inflammatoires et infectés en curetant l'os alvéolaire.
- La préparation par voie rétrograde du ou des canaux pour permettre la mise en place d'un matériau d'obturation étanche empêchant toute communication entre l'endodonte et la zone péri-apicale. (5)

02. Indications et contre-indications

L'indication d'une chirurgie apicale est posée à la suite d'un examen clinique et radiologique. Il est important d'en discuter avec le patient en lui présentant le rapport bénéfices / risques ainsi que les options de traitement possibles.

Depuis 2006 les indications ont été mises à jour par l'European Society of Endodontology (6) :

- La présence d'une parodontite apicale chronique symptomatique ou non dont le traitement n'est pas possible par voie orthograde car la dépose du matériau d'obturation canalaire ne semble pas possible ou présente un risque iatrogène.
- La présence de matériau extrudé au-delà de l'endodonte ayant entraîné des signes cliniques ou radiologiques d'une parodontite apicale et (ou) des symptômes persistants sur une période prolongée.
- La présence d'une maladie persistante ou émergente après un traitement de canal lorsqu'un retraitement du canal par voie coronaire n'est pas approprié.
- La présence d'une perforation de la racine ou du plancher de la chambre pulpaire qu'il est impossible de traiter par voie coronaire.

L'European Society of Endodontology contre-indique l'intervention par voie chirurgicale lorsque la dent n'est pas en fonction et qu'elle ne présente pas d'intérêt dans la réhabilitation prothétique à venir, quand la dent n'est pas conservable à cause d'une atteinte parodontale trop importante ou de la présence d'une fracture radiculaire verticale. La présence d'antécédents médicaux ou de traitements peut aussi contre-indiquer l'intervention chirurgicale ainsi qu'un patient non coopérant. (6)

03. Protocole opératoire conventionnel :

i. Anesthésie :

L'étape de l'anesthésie a deux objectifs :

- Le premier objectif est d'obtenir un silence opératoire durant le temps de l'intervention.
- Le deuxième est l'obtention d'une hémostase suffisante pour ne pas gêner l'opérateur.

Il est donc recommandé de choisir des solutions anesthésiantes avec de fortes concentrations en vasoconstricteurs. Certains auteurs recommandent des solutions avec des concentrations de 1 :50 000 d'épinéphrine mais elles ne sont pas disponibles sur le marché français. Les 1 :100 000 ont un effet vasoconstricteur suffisant.(7)

ii. Incision et levée du lambeau

La levée du lambeau doit permettre un accès au site opératoire. On fera le choix des incisions en fonction du biotype parodontal, de la présence de prothèses ou d'éléments anatomiques à risque.

iii. Ostéotomie

L'ostéotomie doit permettre un accès à la lésion et à l'apex de la dent à traiter. Elle peut être réalisée avec une pièce à main et une fraise boule, un trépan ou avec des instruments de piezzo chirurgie. La taille de la fenêtre osseuse doit permettre le passage des micromiroirs ainsi que le passage des instruments ultrasonores qui seront utiles lors de la désobturation. Plusieurs études ont montré que la taille de la cavité joue un rôle dans la cicatrisation. Plus la cavité sera petite plus elle cicatrisera vite et bien. (7) (8)

iv. Résection et curetage alvéolaire

Avec les techniques conventionnelles, il était recommandé de faire une résection en biseau de 45°- 60° pour améliorer le confort visuel(9). Avec les techniques actuelles de microchirurgie, il est recommandé de ne faire un biseau que de 10° maximum car il entraîne une plus faible exposition des tubulis dentinaires et réduit la taille de la cavité d'ostéotomie. La taille de la racine coupée doit être de 3mm lorsque cela est possible car on estime que 98% des ramifications canales et 93% des canaux latéraux sont présents dans ces 3mm apicaux. Cette notion est à moduler en fonction de la longueur totale de la racine, de la présence d'une résorption ou d'un antécédent de résection ainsi que de l'espace disponible s'il y a un tenon radiculaire. (7) (10)

vi. Préparation canalaire :

Au milieu des années quatre-vingt, la préparation se faisait avec des micros contre angles élaborés spécifiquement pour les chirurgies a retro. La préparation du canal se fait de nos jours avec des instruments ultrasonores spécifiques. Ils ont des pointes travaillantes de 3mm, de 6mm et de 9mm (11). La préparation canalaire a pour but de retirer le matériau d'obturation déjà présent et de nettoyer les parois afin de permettre une élimination des bactéries et d'aménager le canal pour son obturation. Le microscope opératoire apporte dans cette étape un avantage indéniable et permet de vérifier à l'aide de micro miroir la présence d'isthmes ou de résidus de l'ancien matériau d'obturation.

Lors de cette étape, l'emploi de bleu de méthylène peut être pertinent pour visualiser d'éventuelles fêlures radiculaires ou simplement mettre en évidence les canaux et l'espace desmodontal.

vii. Obturation

L'obturation doit former une barrière étanche entre l'endodonte et la zone péri-apicale pour éviter le passage de bactéries pouvant mener à un échec de la chirurgie. Dans la littérature, il n'y a pas de différence significative de réussite des obturations réalisées avec des ciments minéraux (ex : biocéramiques) ou avec des ciments comme l'IRM. Il y a une différence significative entre ces derniers matériaux et l'amalgame qui n'a pas d'adhésion aux tissus dentaires. (12)

viii. Sutures

Elles auront pour but de refermer le site opératoire de façon étanche, de permettre la coagulation et la bonne cicatrisation.

2. Les guides en chirurgie :

01. Cahier des charges d'un guide chirurgical :

Les guides chirurgicaux doivent répondre à un cahier des charges précis. Ils devront :

- Être précis, stables et rigides.
- Être faciles à utiliser et à mettre en place.
- Permettre le contrôle de leur positionnement tridimensionnel sur l'arcade (en étant transparents ou avec des fenêtres de contrôle).
- Ne pas être cassants ou trop souples.
- Permettre un refroidissement des forets et du site opératoire.
- Ne pas se déformer lors des étapes de stérilisation.
- Ne pas avoir de contre dépouilles pouvant perturber sa désinsertion.
- Avoir des finitions lisses et arrondies pour ne pas abimer les tissus mous.
- Être biocompatibles de classe 1 selon la norme ISO 10-993.

3. Etapes de réalisation d'un guide chirurgical :

01. Tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT)

L'Introduction de la tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT), en fournissant des images en trois dimensions de grande précision et en étant moins irradiante que la tomodensitométrie conventionnelle, a été un apport majeur en dentisterie.

Une étude de Lofthag-Hansen et al. (2007) comparant la radiographie rétro coronaire au CBCT pour le diagnostic de pathologie péri-apicale a montré que sur 46 cas étudiés on obtenait, dans 70% des cas, des informations supplémentaires pertinentes (comme la taille de la lésion ou ses rapports aux structures anatomiques) avec le CBCT. Une autre étude de Low et al. (2008) sur des dents maxillaires postérieures a montré de façon significative que le CBCT permettait de repérer plus de lésions .(6)

L'examen radiographique doit permettre de visualiser :

- L'étendue de la lésion péri-apicale et ses rapports aux structures anatomiques adjacentes.
- L'anatomie canalaire pour rechercher la présence d'isthme, de canaux oubliés ou non instrumentés potentiellement à l'origine de la lésion.

L'acquisition ne doit pas être faite avec les dents en occlusion. C'est une perte d'information sur les faces occlusales qui diminuera la précision de l'association avec le fichier STL. L'acquisition se fera en faisant mordre le patient sur des rouleaux de coton pour permettre un désengrènement et un enregistrement plus précis de l'anatomie coronaire et occlusale .(13)

Pour la réalisation d'un guide endodontique, un CBCT de format 50x50 ou 50x80 mm et de précision 0,15 ou 0,2 mm est à privilégier. Cette résolution permet d'obtenir les informations suffisantes tout en étant le moins irradiant possible. Il faut prendre en compte la présence de restaurations en bouche pouvant causer des interférences. Des artéfacts trop importants peuvent rendre complexe l'association entre STL et DICOM.

Si ces restaurations sont présentes sur la zone cible, nous pourrions faire un CBCT de plus grande étendue pour avoir dans le fichier des dents sans restauration et faciliter la superposition avec l'empreinte optique. (14)

02. Empreintes

Pour obtenir un fichier STL le praticien aura le choix entre :

- La réalisation d'une empreinte optique directement en bouche avec une caméra intra orale.
- La réalisation d'une empreinte physique qui sera numérisée avec un scanner de table.
- La réalisation d'une empreinte physique qui sera coulée en plâtre puis scannée avec un scanner de table.
- Il est également possible de faire un balayage CBCT d'un modèle en plâtre ou d'une empreinte physique mais cette méthode est moins précise. Dans ce cas de figure, il existe des convertisseurs de STL qui vont convertir directement le DICOM en STL.

Dans le cas d'une prise d'empreinte physique l'utilisation de polyvinyls siloxanes est recommandée car ils sont plus précis et ont une meilleure stabilité dans le temps que les alginates.

L'obtention d'un fichier STL depuis le scanner est possible mais cette méthode présente plusieurs inconvénients. L'intervalle de coupe et la taille des voxels jouent un rôle dans la précision du fichier de surface obtenu. Dans les rares cas où, un fichier de surface extrait de données DICOM est fiable et sans artéfact, il a pour inconvénient de ne pas prendre en compte les tissus mous. Il existe aussi un biais de conversion. Les voxels du DICOM sont des cubes qui seront convertis en nuage de point du fichier STL et au moment de cette étape il y a une perte d'information. Si le choix du seuil de conversion n'est pas bon, l'état de surface obtenu pourra être déformé et ne pas correspondre à la réalité.

03. Logiciel de conception

La conception du guide chirurgical se fera à l'aide d'un logiciel de planification implantaire car il n'existe pas à ce jour de logiciel dédié aux chirurgies endodontiques. Nous faisons le choix d'utiliser ici le logiciel Blue Sky Plan® car c'est un logiciel facile d'accès.

La première étape est de réunir les fichiers DICOM avec les fichiers de surface STL. Cette association se fait en utilisant des repères anatomiques fiables sur différentes dents.

Nous entendons par « repère fiable », une pointe canine, un creux de sillon qui sera repérable sur le CBCT et sur l’empreinte optique. La présence de restaurations ou de traitements orthodontiques peut compliquer la tâche en créant des artéfacts sur le fichier radio.

Pour cela, nous conseillons de faire un CBCT de l’arcade entière s’il y a un trop grand nombre de restaurations, l’appariement sur des zones d’artéfact étant déconseillé.

Une fois le modèle 3D créé, nous allons nous servir du mode « implant personnalisé » pour créer une douille d’un diamètre correspondant à notre trépan. Il faudra surestimer le diamètre afin :

- D’éviter une friction avec la douille.
- De permettre une irrigation du site et, par conséquent, éviter les échauffements.

Certains articles conseillent de surdimensionner la douille de 0,15mm mais précisent que cet ajustage dépend de la résine utilisée et d’autres facteurs comme l’imprimante utilisée. Ils recommandent également de faire un tube de guidage d’une hauteur de 7mm pour permettre une bonne stabilité du trépan. Cette mesure est issue de leur test in vitro. (13)

La place disponible ne sera pas la même sur une incisive centrale maxillaire ou sur une racine distale d’une molaire mandibulaire. Nous pensons donc que cette hauteur est à pondérer en fonction de la facilité d’accès au site opératoire, en gardant en tête que plus le tube de guidage sera long plus le guidage sera précis.

L’orientation de la douille se fait en direction de l’apex de la dent concernée en restant à 2mm (15) des potentiels obstacles anatomiques. Le choix de l’axe devra prendre en compte l’angle de résection de l’apex et permettre d’insérer facilement le trépan sans être gêné.

Le guide, par son design, doit intégrer des fenêtres permettant un contrôle visuel de son bon positionnement. Il doit aussi faciliter l’irrigation du site opératoire pour éliminer les déchets issus du forage et permettre un refroidissement efficace. Un échauffement trop important de l’os serait un frein à la cicatrisation.

04. Fabrication

Les guides sont imprimés par stéréolithographie. Le principe de cette méthode est de polymériser par balayage laser une couche de résine photo-polymérisable à l'état liquide. Cette technique est considérée comme celle offrant la plus grande précision et la meilleure finition de surface de toutes les technologies additives. (16)

Une fois la pièce imprimée, elle doit être trempée dans un bain d'alcool isopropylique pendant 12 minutes. Ce trempage permet de nettoyer la pièce et d'enlever les excès de résine non polymérisés. La pièce est ensuite séchée avant de passer à l'étape de polymérisation dans une cuve pendant 30min avec des UV-A et des UV-B à une température de 60 degrés.

La stérilisation du guide se fait à l'autoclave avec un cycle d'autoclave classique (+1bar pendant 20 min à 126° Celsius). Le passage dans l'autoclave n'affecte pas la stabilité du guide et ne change pas ses propriétés. (17) (18)

Une équipe de chercheurs autrichiens a démontré que la toxicité des résines utilisées sur des fibroblastes était dépendante du niveau de traitement de ces dernières. Elle met en avant l'importance de réaliser l'intégralité des étapes post polymérisation et de respecter les recommandations du fabricant pour limiter la cytotoxicité de nos guides. (19)

Une imprimante Formlab3b® comme celle que nous avons utilisée coûte 4840 euros. Un litre de résine biocompatible pour guide de la marque Formlab® coûte 270 euros (l'impression d'un guide en consomme en moyenne 15 à 20 ml soit environ 5,4 euros pour un guide). Si nous achetons chez Formlab® la chaîne de post traitement comprenant un bac de nettoyage Formwash® à 658 euros (l'alcool IPA utilisé coûte 5,5 euros le litre) et une chambre UV Formcure® à 838 euros le coût total est d'environ 6650 euros.

Sur le site de l'entreprise Formlab® il est possible d'estimer le prix de revient d'un guide. En considérant que le praticien réalise un guide chirurgical par semaine, le prix de revient par guide est de 23 euros auxquels il convient de rajouter 20 euros d'export si on passe par le logiciel Blueskyplan®.

05. Choix de l'imprimante :

Le praticien n'est pas obligé d'investir dans une imprimante haut de gamme. Une étude de Gregory W. Bennett, Sung K Kim publiée en 2022 a comparé la précision de 4 imprimantes d'entrée de gamme (moins de 450 euros). Les auteurs ont imprimé 5 guides avec chaque imprimante à partir du même fichier STL puis ont comparé ces derniers au STL d'origine. Pour trois de ces imprimantes (SparkMaker Original[®], Photon[®] et Epax X1[®]) au moins 80% de leur surface correspondait au fichier d'origine avec une marge d'erreur de 100 microns et une imprimante se démarquait par un niveau de précision accru (imprimante Epax X1[®]). (20)

II. Etude et rapport de cas :

1. Apport de l'endodontie guidée en chirurgie apicale pour le praticien inexpérimenté :

01. Introduction :

Nous avons élaboré un questionnaire adressé aux praticiens inexpérimentés en chirurgie endodontique. Notre objectif était d'évaluer le potentiel intérêt que ces dentistes pourraient trouver à réaliser leurs premières chirurgies en utilisant un guide. Les publications que nous avons étudiées semblent montrer que les guides permettent d'améliorer la précision au cours des différentes étapes, sans pour autant réduire le temps opératoire.

02. Revue de littérature :

Une étude menée sur 56 dentistes en Arabie Saoudite en 2020 a révélé que de façon significative les chirurgiens trouvaient un avantage à la chirurgie implantaire guidée par rapport à la chirurgie implantaire non guidée. Les avantages les plus significatifs étaient la réduction du stress per opératoire ainsi que la réduction du niveau de compétence requis pour réaliser une chirurgie guidée. Il ressort également de cette étude que le coût plus élevé de la chirurgie guidée était un des inconvénients majeurs de cette méthode pour les praticiens interrogés. (21)

Une ostéotomie peut être rendue complexe par la présence d'obstacles anatomiques tels que les apex des dents adjacentes, le sinus maxillaire, le foramen mentonnier ou le nerf alvéolaire inférieur. Il faut veiller à être le moins invasif possible lors de cette étape pour limiter les suites opératoires et faciliter la cicatrisation. Une étude préclinique menée in vitro sur des modèles imprimés a montré que les ostéotomies faites par cinq opérateurs différents déviaient en moyenne de 0,79mm de la cible prédéfinie quand ils utilisaient des guides et que cette déviation était de 2,27mm en moyenne quand les résections étaient faites à main levée ($p < 0.01$).

A main levée, une erreur de plus de 3mm s'est produite dans plus de 22% des cas mais jamais avec un guide. Les auteurs considèrent ces distances comme cliniquement pertinentes car les obstacles anatomiques sont souvent à moins de 2mm de la zone cible de la chirurgie (15).

Une autre étude cherchant à savoir si les guides chirurgicaux augmentaient la précision des résections apicales a été menée en 2020 par une université chinoise. Les examinateurs ont placé 54 dents extraites sur des modèles chirurgicaux. Ces modèles ont été répartis aléatoirement en quatre groupes :

- Selon l'utilisation d'un guide (avec ou sans).
- Selon l'expérience du praticien (expérimenté ou inexpérimenté).

La longueur de résection et le degré de l'angle radiculaire ont été mesurés. À l'aide d'un guide, l'écart de longueur moyen pour les opérateurs expérimentés/inexpérimentés est passé de 0,99 mm / 1,18 mm à 0,31 mm / 0,31 mm. L'écart d'angle moyen pour les opérateurs expérimentés/inexpérimentés est passé de 16,74° / 15,06° à 5,04° / 6,79°. La différence était significative entre les procédures réalisées avec et sans guide ($P < 0,01$).

On peut noter que le temps opératoire qui avait été mesuré n'était pas significativement différent entre les chirurgies avec et sans guide. Les auteurs concluent de cette étude que les niveaux de précision sont améliorés de façon significative avec un guide et cela que le praticien soit expérimenté ou non (22). Une étude semblable faite avec des endodontistes expérimentés uniquement confirme, qu'avec un guide, les praticiens ont été plus précis et a trouvé que le temps opératoire était plus rapide avec un guide que sans. (23)

Ces différents papiers tendent à montrer que l'apport d'un guide en chirurgie endodontique peut être pertinent. Les résultats démontrent que les guides opératoires apportent un confort au praticien pendant l'opération sans augmenter le temps opératoire. Outre ce confort, ils permettent d'augmenter la précision (24) et limitent par conséquent les risques quand nous nous trouvons à proximité d'un obstacle anatomique qui pourrait parfois contre-indiquer la chirurgie apicale.

03. Méthodologie :

Le questionnaire a été distribué aux participants de l'attestation d'étude universitaire de microchirurgie endodontique de la faculté de Toulouse. Quatre promotions ont été interrogées. Nous avons obtenu 57 réponses. Les réponses ne variant plus beaucoup depuis les 40 premiers participants nous avons fait le choix d'arrêter le recueil de réponses à 57 au bout de 3 semaines.

Un premier questionnaire avait déjà été distribué à la promotion 2021 de l'AEU sous forme papier. Ce questionnaire n'était cependant pas assez complet ni assez clair et les participants avaient du mal à bien cerner le sujet. Nous avons fait le choix de réécrire ce questionnaire en expliquant précisément l'objectif de ce dernier et en le faisant en version numérique Google Form® pour faciliter son partage sur les groupes des anciennes promotions et l'analyse des réponses.

Nous avons également remarqué que les participants avaient tendance à ne pas répondre à toutes les questions et la version numérique nous permettait de rendre la réponse obligatoire à toutes les questions.

Le questionnaire a été construit en trois grands axes. La première partie du questionnaire avait pour but de nous aider à déterminer le niveau des praticiens en chirurgie ainsi que la formation qu'ils avaient reçue. La seconde partie avait pour but de déterminer les appréhensions des praticiens ainsi que les types de cas qu'ils avaient choisis. La dernière partie devait nous permettre de savoir si, pour eux, la chirurgie guidée pouvait avoir un apport et nous aider à déterminer le profil de guide qui pouvait être le plus intéressant.

04. Résultats :

Il était demandé aux participants de répondre une fois leur première chirurgie effectuée. 51,6% d'entre eux ont répondu avoir suivi une formation universitaire (AEU-DU) en chirurgie endodontique, 24,6% une formation privée ou un compagnonnage et 13,3% n'avaient suivi aucune formation spécifique.

Parmi les participants, 29.82% pratiquent de façon routinière des actes chirurgicaux au cabinet. Le tableau ci-dessous détaille les réponses aux six questions visant à déterminer l'expérience des opérateurs en chirurgie :

	OUI	NON
Faites-vous de façon routinière des avulsions dentaires ?	35.1%	64.9%
Faites-vous de façon routinière des élongations coronaires ?	40.4%	59.6%
Faites-vous de façon routinière des avulsions de dents de sagesse incluses ?	5.3%	94.7%
Faites-vous de façon routinière des avulsions de dents enclavées ?	17.5%	82.5%
Faites-vous de la chirurgie parodontale ?	24.6%	75.4%
Faites-vous de l'implantologie ?	26.3%	73.7%

Tableau 1: questions visant à déterminer l'expérience des praticiens en chirurgie

Quand nous demandons aux participants, dans une question ouverte, quelles étaient leurs appréhensions avant de commencer leur première chirurgie endodontique, nous retrouvons le plus souvent, la gestion de l'hémostase en per opératoire, la levée de lambeau et la suture de ce dernier. Les résultats à la question sont détaillés dans le tableau suivant. La question étant ouverte certains participants ont donné plusieurs réponses différentes ce qui explique que le nombre total de réponses dépasse 57.

	Nb	%
Gestion du saignement	19	31.66%
Gestion du lambeau – sutures	15	25%
Gestion de la phase de désobturation - obturation	8	13.33%
Gestion des obstacles anatomiques	7	11.66%
Gestion de la visibilité	5	8.33%
Gestion ostéotomie	3	5%
Gestion apiectomie	2	3.33%
Gestion des complications post-opératoires	1	1.66%

Tableau 2: synthèse des appréhensions des praticiens avant leur première chirurgie.

Plus de la moitié des praticiens a fait sa première résection sur une dent antérieure maxillaire, 35% sur une dent postérieure maxillaire et seulement 6 d'entre eux ont débuté sur une dent mandibulaire (3 dents postérieures et 3 dents antérieures).

Dans 69,1% des cas, les granulomes avaient fait une effraction de la corticale osseuse et 60% d'entre eux mesuraient moins de 3mm.

A la question « avez-vous rencontré des difficultés au moment de réaliser une des étapes suivantes ? » les réponses ont été :

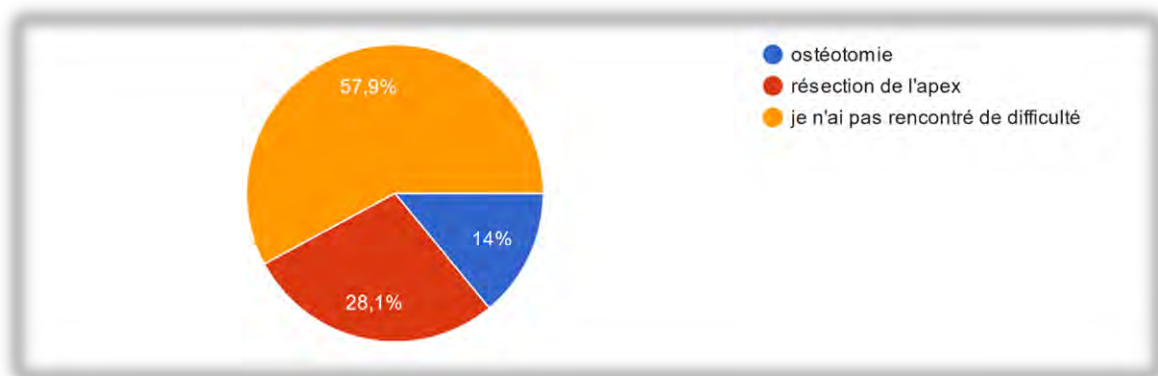


Figure 1: graphique circulaire des réponses à la question "avez-vous rencontré des difficultés au moment de réaliser une des étapes suivantes ?"

La moitié (50,9%) pense qu'un guide ciblant la zone à réséquer ne l'aurait pas aidée. S'ils devaient utiliser un guide, 50,9% préféreraient un guide unique ciblant la zone où la fenêtre osseuse serait préparée et aidant à la résection de l'apex.

Bien que la moitié pense qu'un guide ne l'aurait pas aidée pendant leur première chirurgie, ils sont 63,2% à penser qu'une fiche protocole pour concevoir ce genre de guide les aiderait à se lancer plus sereinement en chirurgie endodontique.

05. Discussion :

Parmi les participants, nous remarquons qu'une majorité d'entre eux a suivi une formation universitaire (51,6%) l'interprétation de ce résultat doit prendre en compte un biais de recrutement important, la population ayant été recrutée uniquement à l'issue de l'AEU de microchirurgie de Toulouse. Il aurait pu être pertinent d'inclure une population de praticiens plus large en partageant notre questionnaire sur des groupes de dentistes sur les réseaux sociaux (ex : groupes Facebook® comme dentiste de France ou dentiste d'Occitanie).

Seulement 29,8% des participants font de façon routinière de la chirurgie, bien souvent moins d'un quart d'entre eux déclarent réaliser des actes nécessitant une levée de lambeau ou une ostéotomie. Nous avons décidé dans cette étude de considérer, comme chirurgie complexe, un acte durant lequel le praticien sera amené à réaliser une ostéotomie et/ou à lever un lambeau. La majorité des praticiens interrogés a donc une faible expérience en chirurgie complexe. Nous pensons qu'un praticien aura plus de facilités à faire sa première résection apicale quand il aura déjà l'habitude de décoller un lambeau ou de fraiser du tissu osseux.

L'inquiétude de nos praticiens de mal gérer l'hémostase et l'étape de levée du lambeau puis de suture peut être la conséquence du peu d'expérience en chirurgie de la population interrogée. Peu de participants sont inquiets pour la gestion de l'ostéotomie et de l'apicectomie ce que nous trouvons surprenant. Nous pensions que cette étape serait une source de stress pré opératoire plus importante. Nous pouvons expliquer ce résultat par le biais de recrutement. La majorité des participants ayant déjà été formée pendant une semaine complète lors de l'AEU de microchirurgie et ces parties ayant été étudiées et expérimentées lors des travaux pratiques ils ont peut-être été rassurés. Il aurait été intéressant d'ouvrir ce questionnaire à la population générale pour voir si, avec des praticiens qui ont suivi des formations moins spécifiques, ces données évoluent.

Ces résultats vont à l'encontre d'une étude américaine menée sur 1045 endodontistes dans laquelle, pour ces derniers, les actes qui sont les plus complexes sont l'obtention d'un accès visuel, l'obturation à rétro et la préparation du canal. A l'inverse ils sont plus de 60% à considérer comme facile la gestion de l'hémostase et l'ostéotomie. (25)

Nous pouvons mettre en relation ces derniers résultats avec le choix fait par les praticiens pour leur première dent. Nous remarquons qu'en majorité ils ont fait le choix d'une dent maxillaire antérieure avec un granulome de moins de 3mm et une effraction de la corticale. Cette configuration est une des plus simple, l'accès visuel est plus aisé au maxillaire et le repérage de la zone à réséquer est plus facile à faire si la corticale est perforée par la lésion. Avec ces éléments, nous pouvons penser que le site étant facile d'accès les praticiens étaient moins inquiets pour réaliser l'ostéotomie et la résection.

Une étude de 2009 menée aux Etats Unis sur des endodontistes américains montre que les praticiens trouvent les chirurgies dans les secteurs antérieurs maxillaires plus confortables à réaliser ; en deuxième position viennent les chirurgies dans les secteurs maxillaires postérieurs et mandibulaires antérieures. En dernière position, nous retrouvons les chirurgies sur les dents mandibulaires postérieures. Ces résultats semblent en accord avec nos données. Il peut être intéressant d'augmenter le nombre de réponses à notre questionnaire pour voir si nos résultats se rapprochent de cette étude. (25)

La moitié des praticiens pense qu'un guide pour la phase d'ostéotomie de l'aurait pas aidé, ce qui semble logique puisque très peu d'entre eux avaient des appréhensions pour ces étapes, avaient choisi des cas où ces étapes étaient plus faciles et que 57,9% d'entre eux déclaraient ne pas avoir rencontré de difficultés après cette première chirurgie.

Ce qui est plus surprenant c'est que même s'ils pensent que dans leur première chirurgie un guide ne les aurait pas aidés ils sont 63,2% à se dire intéressés par une fiche protocole pour les aider à concevoir un guide. Il aurait été intéressant de rajouter une question pour savoir si les guides les intéresseraient lors de cas plus complexes ou stressants avec des obstacles anatomiques à proximité.

06. Conclusion :

Cette étude a pour but de déterminer l'intérêt que peuvent trouver les débutants en microchirurgie endodontique dans l'utilisation d'un guide chirurgical.

Les praticiens débutants en micro chirurgie endodontique semblent s'orienter vers des dents antérieures et de préférence au maxillaire pour débiter. Ils paraissent essentiellement appréhender, avant leur première microchirurgie endodontique, la gestion du saignement en per opératoire et celle du lambeau d'accès. Seulement la moitié d'entre eux semble intéressée par l'utilisation de guide chirurgicaux mais s'ils devaient en utiliser ils préféreraient utiliser un guide unique ciblant la fenêtre d'ostéotomie et permettant de faire l'apicectomie.

Même si ces résultats ne montrent pas que les praticiens interrogés ont une attirance particulière pour les guides chirurgicaux, ils nous permettent de choisir le type de guide que nous allons concevoir dans nos cas cliniques.

2. Cas clinique

Avec l'analyse des réponses du questionnaire où plus de 60% des praticiens désirent savoir concevoir et réaliser un guide nous allons dans cette partie détailler les étapes utiles à la réalisation d'un guide en chirurgie endodontique. Le choix de son design a été guidé par les articles et rapports de cas que nous avons consultés (13) (26) et par le fait que 50,9% des personnes interrogées disent être intéressées par l'utilisation d'un guide unique ciblant la zone d'ostéotomie et la zone à réséquer. Nous avons proposé à un étudiant du Diplôme Universitaire d'endodontie de réaliser l'intervention. Pour le cas clinique nous avons cherché une molaire mandibulaire avec une lésion sans effraction de la corticale car nous voulions une situation assez complexe.

Nous avons trouvé judicieux de faire un guide avec une douille adaptée à un trépan. L'intérêt du trépan est de simplifier la séquence opératoire en remplaçant la fraise boule utilisée pour l'ostéotomie et la fraise fissure utilisée pour l'apicectomie.

Faire l'accès avec un trépan permet, dans le même esprit que les volets osseux réalisés par piezzo chirurgie(27), d'avoir une approche moins invasive. Nous pouvons surdimensionner le diamètre du trépan car la carotte de corticale sera repositionnable. Cette carotte est comparable à un volet osseux qui joue un rôle de barrière physique protégeant le caillot sanguin ou l'éventuel matériau de comblement. Elle fera aussi fonction de barrière physiologique en empêchant les cellules à prolifération rapide de coloniser le défaut osseux.

01. Présentation du cas :

Madame X a été adressée à la consultation du diplôme universitaire d'endodontie pour des douleurs sur la 46 qui est pilier de bridge. La patiente ne présente aucun problème de santé particulier et n'est pas fumeuse. Le bridge est bien adapté et la patiente a déjà eu une tentative de retraitement



Figure 2: radio pré opératoire

endodontique par un autre praticien. La dent n'ayant pas cicatrisé et le traitement ayant été réalisé dans de bonnes conditions l'indication d'une chirurgie endodontique a été posée.

02. Planification pré-opératoire :

La conception du guide chirurgical est faite avec le logiciel de planification implantaire Blue Sky Plan®. N'ayant pas de caméra optique à disposition le jour de la consultation, une empreinte alginate a été réalisée et le modèle en plâtre issu de cette dernière a été numérisé avec un scanner de table.

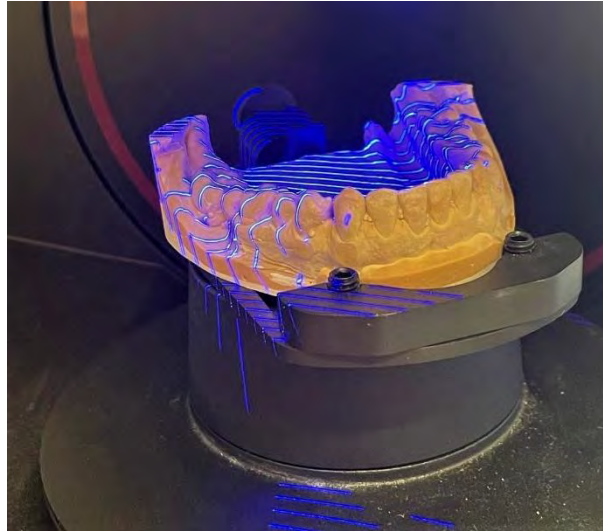


Figure 3: numérisation du modèle en plâtre avec un scanner de table

Les artéfacts dus aux restaurations métalliques présentes en bouche et notamment à proximité du site opératoire nous ont conduit à réaliser un CBCT bouche entière en inoclusion.

Nous avons fait le choix de réaliser un guide unique permettant de faire l'ostéotomie et la résection avec une fraise trépan montée sur contre angle bague rouge comme prévu suite à notre questionnaire. (28)

Le trépan a un diamètre de 5,5mm (données fabricant) mais, après mesure au pied à coulisse, son diamètre externe était de 6,6mm. Nous avons donc prévu une douille de 6,65 mm. La surestimation du diamètre de 0,15mm est conseillée par les auteurs de « Targeted Endodontic Microsurgery: Digital Workflow Options » (13) pour limiter la friction et palier au éventuels biais d'impression.

Le guide s'étend de la dent 42 à la 47 pour augmenter sa stabilité. Le tracé des limites du guide au niveau dentaire passe par les collets pour augmenter la rétention et la stabilité du guide en évitant un mouvement de bascule.

Nous avons fait le choix d'orienter notre angle de coupe de 25 degrés pour optimiser le confort de travail et mieux voir en per opératoire. Il est recommandé dans l'approche moderne de ne pas faire un biseau de plus de 10 degrés pour limiter l'ouverture des tubulis (7) c'est pour cela que le biseau sera fraisé lors des finitions de la chirurgie avec une fraise Lindemann montée sur une pièce à main.

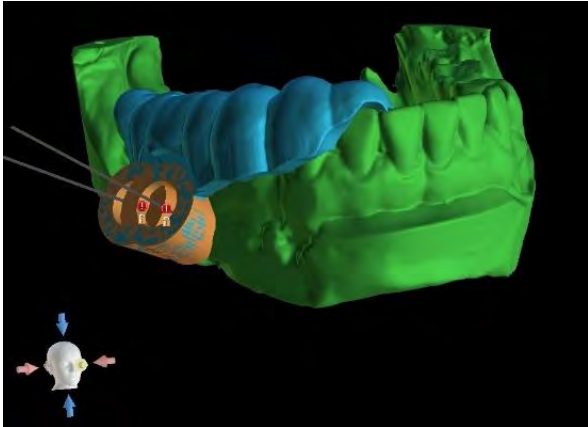


Figure 4: modélisation du guide sur le logiciel blueskyplan®

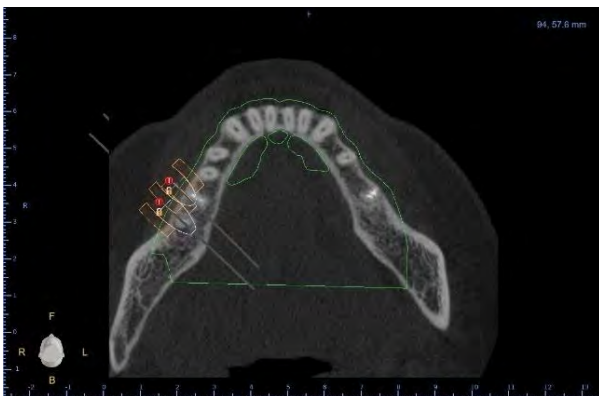


Figure 5: coupe transverse mandibulaire avec modélisation des axes de forage



Figure 6: coupe frontale mandibulaire avec modélisation des axes de forage

Le guide a été imprimé dans une résine biocompatible avec l'imprimante Formlab3®. L'impression a duré 4H30 car le guide était assez imposant et que nous avons imprimé un double.

03. Per opératoire

Nous avons essayé le guide après l'anesthésie pour vérifier sa bonne adaptation. Il ne s'insérait pas complètement et l'intrados a été retouché (au niveau des contres dépouilles) avec une pièce à main prothétique (durée de la retouche 3min).

Une fois le lambeau levé le guide est essayé en prenant soins de vérifier :

- Son adaptation au niveau dentaire (en mésial et au niveau de la fenêtre occlusale),
- Sa proximité par rapport à la table osseuse,
- L'insertion aisée du trépan dans les douilles de guidage (laxité des tissus mous).

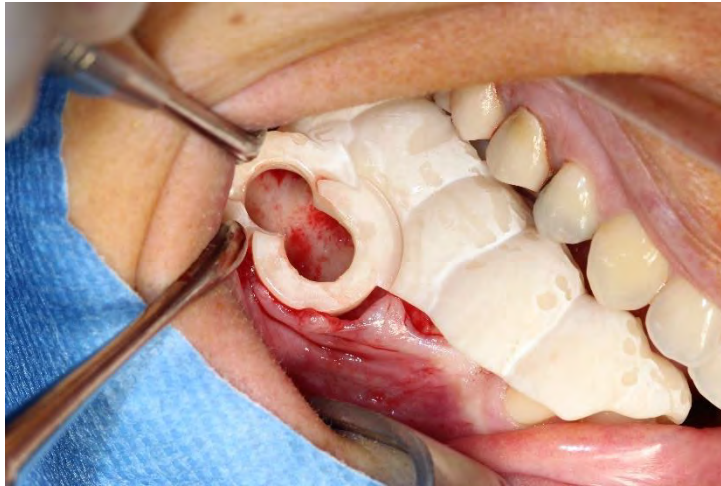


Figure 7: essayage du guide chirurgical

La trépanation de la racine distale est réalisée en 2 étapes. Dans un premier temps, seule la corticale est fraisée puis déposée avec un décolleur et mise dans du sérum physiologique pour pouvoir être replacée à la fin de la chirurgie. Dans un second temps le guide est replacé, puis l'apiectomie est réalisée avec le même trépan. Ces étapes ont été répétées pour la racine mésiale.



8a



8b



8c



8d



8e



8f



8g

Figure 8 : 8a trépanation de la corticale en regard de la racine distale – 8b corticale en regard de la racine distale après trépanation – 8c apex de la racine distale après apicectomie – 8d crypte osseuse après résection - 8e trépanation de la corticale en regard de la racine mésiale – 8f décollement de la corticale – 8g volets de corticale

Les étapes suivantes sont conventionnelles :

- Curetage
- Désobturation
- Obturation
- Lissage de l'apex.

Nous avons fait le choix de nous servir de la corticale encore intacte prélevée avec le trépan comme d'une barrière autogène stabilisée par un biomatériau synthétique. Nous nous sommes inspirés des techniques de volet osseux déjà utilisées en microchirurgie endodontique. Ce volet joue un rôle de membrane sélective en protégeant le caillot sanguin dans la crypte osseuse et en empêchant les cellules non ostéoprogénitrices de proliférer.

Pour stabiliser ces blocs de corticale nous avons utilisé une compresse hémostatique Pangen® préalablement aplatie pour être plus facile à manipuler. (29) (27)



Figure 9: repositionnement des trépan de corticale stabilisés par une éponge hémostatique

04. Discussion :

Ce cas clinique est le deuxième que nous avons réalisé avec ce type de guide.

Lors de notre première tentative nous n'avions pas pu utiliser le guide car :

- Il manquait de stabilité (manque de rétention à l'insertion et bascule dans le sens linguo-vestibulaire).
- Les futs de guidage étaient trop éloignés de la corticale pour avoir une précision suffisante.

Ce guide était notre première tentative et nous a permis de nous améliorer sur le cas que nous venons de présenter ci-dessus.

Plusieurs points sont cependant critiquables :

Le biseau de 25 degrés est trop important et doit être diminué ainsi que la hauteur de résection qui était prévue à 3mm mais qui semble plus importante en réalité.

La conception sur le logiciel Blue Sky Plan® n'est pas intuitive pour orienter correctement nos axes. Nous pensons que pour un meilleur contrôle de l'axe de forage, de la hauteur de l'apiectomie et du biseau il faudrait prévoir un angle proche de 0°. En effet quand nous mettons le tube de guidage perpendiculaire au grand axe de la dent sur le logiciel il est beaucoup plus facile de le visualiser sur les coupes.

L'opérateur a trouvé que le contrôle de l'axe de forage n'était pas pratique, ce n'était pas facile pour lui de vérifier qu'il était bien perpendiculaire à la douille. Pour pallier ce problème, nous pourrions envisager d'augmenter la hauteur de la douille ce qui guiderait mieux le trépan et rassurerait le praticien.

La racine et la corticale sont au même niveau ce qui rend difficile la gestion du saignement. Quand l'ostéotomie est réalisée avec une pièce à main et une fraise à os, il est possible de fraiser légèrement plus la corticale au-dessus de la racine coupée pour limiter le saignement du ligament desmodontal et faciliter la gestion de l'hémostase.

Un avantage que nous n'avions pas anticipé est que le guide nous a servi d'écarteur en tenant le lambeau à distance du site opératoire facilitant le confort lors de la chirurgie et laissant plus de place au praticien. L'inconvénient est que le guide est retiré après le forage. Il pourrait être intéressant de réfléchir à un second guide qui ferait office d'écarteur pour faciliter les étapes de mise en forme du canal et d'obturation.

La prise en main du logiciel demande un certain temps d'adaptation : étant un logiciel d'implantologie il n'est pas adapté à la planification de résections apicales. Si cette technique veut se démocratiser, il serait intéressant de développer un logiciel dédié ou de travailler avec un logiciel d'implantologie optimisé pour cette technique.

Nous pensons que cette technique peut, lorsqu'elle est maîtrisée, être un gain de temps : le protocole opératoire étant simple une fois le guide inséré. La trépanation dans notre cas a été ralentie par un trépan qui était usé et peu efficace. Nous avons, lors de notre intervention, séparé les étapes d'ostéotomie de chaque racine et les étapes d'apicectomie en sortant le guide pour contrôler le bon déroulement de chaque étape. Avec plus d'expérience, toutes ces étapes peuvent être réalisées en un seul temps, sans sortir le guide, ce qui est un gain de temps important comparé à une chirurgie conventionnelle non guidée.

3. Points clés à valider pour la conception d'un guide chirurgical en Micro Chirurgie endodontique :

La conception d'un guide endodontique n'est pas intuitive. La prise en main du logiciel est longue. Nous avons passé pour la réalisation du premier cas 4h sur le logiciel (nous n'avons jamais conçu de guides auparavant). Nous comptons dans ces quatre heures le visionnage d'un tutoriel d'une heure sur la plateforme YouTube®.

Nous avons relevé au travers de nos deux cas cliniques des points clés qui faciliteront la conception d'un guide à des dentistes novices.

Le praticien doit :

- Vérifier lors du rendez-vous pré-opératoire que le patient dispose d'un espace suffisant pour que la tête du contre angle avec le trépan puisse être insérée dans le guide lors de la chirurgie sans difficulté.
- Avoir un fichier radio d'une étendue suffisante pour réaliser une superposition précise avec le STL, notamment en présence de restaurations pouvant créer des artéfacts.
- Réaliser un tracé des limites du guide qui descend jusqu'à la gencive et qui s'étend sur un nombre de dents suffisant pour assurer sa stabilité.
- Avoir au moins une fenêtre dans le guide pour vérifier que l'insertion est correcte.
- Vérifier le diamètre externe du trépan et surestimer cette mesure de 0.15mm.
- Vérifier que les tubes de guidage soient le plus près possible de la table osseuse pour ne pas perdre en précision.

Conclusion :

La prise en charge chirurgicale de lésions péri-apicales reste un acte complexe nécessitant de l'expérience en chirurgie et un plateau technique adapté.

La courbe d'apprentissage est longue et il n'est pas recommandé à des praticiens débutants de commencer par des chirurgies trop complexes telles que les molaires mandibulaires où la visibilité et l'accès instrumental sont réduits.

L'arrivée des techniques guidées en microchirurgie endodontique peut avoir un intérêt pédagogique chez le praticien débutant en sécurisant son axe, lui laissant un seul degré de liberté lors de la trépanation et de la résection de l'apex.

Cependant nous avons pu voir, au travers de notre questionnaire, que ces étapes bien qu'essentielles ne semblaient pas être celles qui inquiétaient le plus les chirurgiens débutants. La majorité d'entre eux rapportent appréhender la gestion de l'hémostase et la levée du lambeau, soit deux étapes qui ne peuvent pas être assistées par un guide.

La conception d'un guide demande un temps d'apprentissage pour la prise en main des logiciels qui ne sont pas très intuitifs car essentiellement prévus pour la planification implantaire. Un investissement de départ est aussi à prévoir si le praticien veut imprimer ses guides au cabinet.

Lors de la réalisation de notre essai clinique, nous avons pris plus de temps lors de la chirurgie que nous n'en aurions pris sans utiliser de guide, mais avec de l'expérience il est probable que le guide soit un gain de temps en facilitant et regroupant les étapes d'ostéotomie et de résection de l'apex.

Nous pouvons nous demander si l'utilisation de ces guides peut avoir un intérêt chez les praticiens chevronnés lors de chirurgies complexes. Ils pourraient peut-être leur permettre de réaliser plus sereinement des interventions à proximité d'obstacles anatomiques majeurs ou quand la corticale mandibulaire au niveau des dents postérieures est trop épaisse pour envisager une résection en méthode conventionnelle. Il faut noter que des techniques de chirurgie guidée dynamique sont apparues récemment. Elles semblent être aussi des techniques prometteuses pour l'avenir de la microchirurgie endodontique.

Le Président du jury et Directeur de thèse :

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'M' followed by a smaller, less distinct signature.

Table des illustrations

Figure 1: graphique circulaire des réponses à la question "avez-vous rencontré des difficultés au moment de réaliser une des étapes suivantes ?".....	26
Figure 2: radio pré opératoire	31
Figure 3: numérisation du modèle en plâtre avec un scanner de table	32
Figure 4: modélisation du guide sur le logiciel blueskyplan®	33
Figure 5: coupe transverse mandibulaire avec modélisation des axes de forage.....	33
Figure 6: coupe frontale mandibulaire avec modélisation des axes de forage.....	33
Figure 7: essayage du guide chirurgical	34
Figure 8 : 8a trépanation de la corticale en regard de la racine distale – 8b corticale en regard de la racine distale après trépanation – 8c apex de la racine distale après apicectomie – 8d crypte osseuse après résection - 8e trépanation de la corticale en regard de la racine mésiale – 8f décollement de la corticale – 8g volets de corticale	35
Figure 9: repositionnement des trépan de corticales stabilisés par une éponge hémostatique	36

Bibliographie

1. Burgess J. Digital DICOM in Dentistry. *Open Dent J.* 31 juill 2015;9:330-6.
2. Grant GT, Campbell SD, Masri RM, Andersen MR, Force TAC of PDDGDT. Glossary of Digital Dental Terms. *Journal of Prosthodontics.* 2016;25(S2):S2-9.
3. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal.* 2018;51(9):1005-18.
4. Campbell D, Halford A, Maillet W, McLean A, Pesun S, Roth K, Sharma M, Thibodeau B, standards of practice 2017.
5. Endodontology ES of. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal.* 2006;39(12):921-30.
6. von Arx T. Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *The Saudi Dental Journal.* 1 janv 2011;23(1):9-15.
7. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod.* juill 2006;32(7):601-23.
8. Arx T von, Hänni S, Jensen SS. Correlation of Bone Defect Dimensions with Healing Outcome One Year after Apical Surgery. *Journal of Endodontics.* 1 sept 2007;33(9):1044-8.
9. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *J Endod.* mai 2006;32(5):412-6.
10. Von Arx, T., Janner, S.F.M., Jensen, S.S. et al. The resection angle in apical surgery: a CBCT assessment. *Clin Oral Invest* 20, 2075–2082 (2016)
11. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* févr 2007;33(2):81-95.
12. Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J.* oct 2018;30(4):273-82.
13. Ray JJ, Giacomino CM, Wealleans JA, Sheridan RR. Targeted Endodontic Microsurgery: Digital Workflow Options. *Journal of Endodontics.* 1 juin 2020;46(6):863-71.
14. Aubeux D, Gaudin A. Guides et planification endodontique. Publié le 04.12.2019. Paru dans *Réalités Cliniques* (page 254-262)
15. Pinsky HM, Champleboux G, Sarment DP. Periapical Surgery Using CAD/CAM Guidance: Preclinical Results. *Journal of Endodontics.* 1 févr 2007;33(2):148-51.
- 16.: Kim GB, Lee S, Kim H, Yang DH, Kim YH, Kyung YS, Kim CS, Choi SH, Kim BJ, Ha H, Kwon SU, Kim N. Three-Dimensional Printing: Basic Principles and Applications in Medicine and Radiology. *Korean J Radiol.* 2016 Mar-Apr;17(2):182-197.
17. Török G, Gombocz P, Bognár E, Nagy P, Dinya E, Kispélyi B, et al. Effects of disinfection and sterilization on the dimensional changes and mechanical properties of 3D printed surgical guides for implant therapy – pilot study. *BMC Oral Health.* 23 janv 2020;20(1):19.

18. Keßler A, Dosch M, Reymus M, Folwaczny M. Influence of 3D-printing method, resin material, and sterilization on the accuracy of virtually designed surgical implant guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1 août 2022;128(2):196-204.
19. Kurzmann C, Janjić K, Shokoohi-Tabrizi H, Edelmayer M, Pensch M, Moritz A, et al. Evaluation of Resins for Stereolithographic 3D-Printed Surgical Guides: The Response of L929 Cells and Human Gingival Fibroblasts. *BioMed Research International*. 22 oct 2017;2017:e4057612.
20. Bennett GW, Kim SK. Comparison of the fit of surgical guides manufactured with low-cost 3D printers. *Gen Dent*. févr 2022;70(1):18-21.
21. Ashy LM. Clinicians' Attitude Toward Computer-Guided Implant Surgery Approach: Survey in Saudi Arabia. *Pragmat Obs Res*. 2021;12:1-8
22. Peng L, Zhao J, Wang ZH, Sun YC, Liang YH. Accuracy of root-end resection using a digital guide in endodontic surgery: An in vitro study. *Journal of Dental Sciences*. 1 janv 2021;16(1):45-50.
23. Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, Ray JJ. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *International Endodontic Journal*. 2020;53(5):715-22.
24. Sutter E, Lotz M, Rechenberg DK, Stadlinger B, Rücker M, Valdec S. Guided apicoectomy using a CAD/CAM drilling template. *Int J Comput Dent*. 2019;22(4):363-9.
25. Creasy JE, Mines P, Sweet M. Surgical Trends among Endodontists: The Results of a Web-based Survey. *Journal of Endodontics*. 1 janv 2009;35(1):30-4.
26. Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA. Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional-printed Guides and Trepine Burs—A Report of 3 Cases. *Journal of Endodontics*. 1 avr 2018;44(4):671-7.
27. Kim U, Kim S, Kim E. The application of “bone window technique” using piezoelectric saws and a CAD/CAM-guided surgical stent in endodontic microsurgery on a mandibular molar case. *Restor Dent Endod*. 2020 Aug;45(3):e27
28. Nagy E, Fráter M, Antal M. Guided modern endodontic microsurgery by use of a trephine bur. *Orv Hetil*. juill 2020;161(30):1260-5.
29. Younes R, Nasseh I, Lahoud P, Wassef E, Dagher M. Bone Lid Technique Using a Piezoelectric Device for the Treatment of a Mandibular Bony Lesion. *Case Reports in Dentistry*. 7 déc 2017;2017:e9315070.

**MICROCHIRURGIE ENDODONTIQUE : LES GUIDES CHIRURGICAUX UNE AIDE AUX
PRATICIENS NOVICES**

RESUME EN FRANÇAIS

L'utilisation de guide chirurgicaux en microchirurgie apicale se développe depuis quelques années. Un questionnaire a été élaboré pour déterminer si ces derniers avaient une utilité chez les praticiens novices en microchirurgie apicale. Une majorité de praticiens pensent que ces guides n'ont pas d'intérêt pour les rassurer lors de leurs premiers cas mais se disent intéressés par une fiche protocole les aidant à concevoir des guides en chirurgie endodontique. Un cas de résection guidée a été réalisé et les points clés ainsi que les erreurs les plus courantes ont été listés pour aider les praticiens à concevoir leurs premiers guides.

TITRE EN ANGLAIS: ENDODONTIC MICROCHIRUGY: SURGICAL GUIDES TO HELP NOVICE
PRACTITIONERS

RESUME EN ANGLAIS

The use of surgical guides for apical microsurgery has been growing for a few years. A questionnaire was developed to determine if these guides were useful for beginners in apical microsurgery. A majority of practitioners thought that these guides were not useful to reassure them during their first cases, but expressed interest in a protocol sheet to help them to design guides for endodontic surgery. A guided resection case was performed and the key points and most common errors were listed to help practitioners to design their first guides.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire 58-01

MOTS-CLES : endodontie guidée, micro-chirurgie endodontique, impression numérique

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de santé – Département d'Odontologie 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex
09

Directeur de thèse : Professeur Franck DIEMER