



**HAL**  
open science

## La Piézochirurgie

Neil Maillou

► **To cite this version:**

| Neil Maillou. La Piézochirurgie. Sciences du Vivant [q-bio]. 2007. hal-01733277

**HAL Id: hal-01733277**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733277>**

Submitted on 14 Mar 2018

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

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



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**ACADEMIE DE NANCY – METZ**  
**UNIVERSITE HENRI POINCARÉ – NANCY 1**  
**FACULTE D'ODONTOLOGIE**

Année 2007

N° 2698

*Double*

**THESE**

Pour le

**DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR**  
**EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Par

**MAILLOU NEIL**  
Né le 14 février 1980 à Nancy

**LA PIÉZOCHIRURGIE**



Présentée et soutenue publiquement le 14 février 2007

Examineurs de la thèse :

Monsieur A. FONTAINE  
Monsieur J.P. LOUIS  
Monsieur G. PERROT  
Monsieur C. MOLE

Professeur de 1<sup>er</sup> Grade  
Professeur des Universités  
Assistant Hospitalier-Universitaire  
Docteur d'Université en Odontologie

Président  
Juge  
Juge  
Juge



PI 114 976 1121  
210 485300

**ACADEMIE DE NANCY – METZ**  
**UNIVERSITE HENRI POINCARÉ – NANCY 1**  
**FACULTE D'ODONTOLOGIE**

Année 2007

N° 2698

**THESE**

Pour le

**DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR**  
**EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Par

**MAILLOU NEIL**  
Né le 14 février 1980 à Nancy

**LA PIÉZOCHIRURGIE**

Présentée et soutenue publiquement le 14 février 2007

Examineurs de la thèse :

Monsieur A.FONTAINE  
Monsieur J.P. LOUIS  
Monsieur G. PERROT  
Monsieur C. MOLE

Professeur de 1<sup>er</sup> Grade  
Professeur des Universités  
Assistant Hospitalier-Universitaire  
Docteur d'Université en Odontologie

Président  
Juge  
Juge  
Juge

BU PHARMA-ODONTOL



D

104 074225 2

Vice-Doyens : Dr. Pascal AMBROSINI - Dr. Jean-Marc MARTRETTE - Dr Jacques PREVOST  
Membres Honoraires : Pr. F. ABT - Dr. L. BABEL - Pr. S. DURIVAUX - Pr. G. JACQUART - Pr. D. ROZENCWEIG - Pr. M. VIVIER  
Doyen Honoraire : Pr. J. VADOT

Sous-section 56-01 Odontologie pédiatrique	Mme M. Mlle Mme M.	<u>DROZ Dominique (Desprez)</u> PREVOST** Jacques MARCHETTI Nancy ROY Angélique (Mederlé) SABATIER Antoine	Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme Mlle M.	<u>FILLEUL Marie Pierryle</u> BRAVETTI Morgane GEORGE Olivier	Professeur des Universités* Assistant Assistant
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	M. Mme	<u>WEISSENBACH Michel</u> OSSOLA Caroline (Jantzen)	Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. M. Mme M. Mme M.	<u>MILLER** Neal</u> AMBROSINI Pascal BOUTELLIEZ Catherine (Bisson) PENAUD Jacques BACHERT Martine PONGAS Dimitrios	Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	M. M. M. M. Mlle M.	<u>BRAVETTI Pierre</u> ARTIS Jean-Paul VIENNET Daniel WANG Christian LE Audrey PERROT Ghislain	Maître de Conférences Professeur 1er grade Maître de Conférences Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. M. Mme	<u>WESTPHAL** Alain</u> MARTRETTE Jean-Marc MOBY Vanessa (Stutzmann)	Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. M. M. M. M. M. M.	<u>AMORY** Christophe</u> PANIGHI Marc jusqu'au 2/3/07 FONTAINE Alain ENGELS DEUTSCH** Marc CLAUDON Olivier PERRIN Sébastien SIMON Yorick	Maître de Conférences Professeur des Universités* Professeur 1 <sup>er</sup> grade* Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèse maxillo-faciale)	M. M. M. M. M. M. M. M. M.	<u>SCHOVER Jacques</u> LOUIS** Jean-Paul ARCHIEN Claude LAUNOIS** Claude KAMAGATE Sinan DE MARCH Pascal HELPER Maxime SEURET Olivier WEILER Bernard	Maître de Conférences Professeur des Universités* Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant associé au 1/10/05 Assistant Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie	Mlle M. Mme	<u>STRAZIELLE** Catherine</u> SALOMON Jean-Pierre JAZI Rozat	Professeur des Universités* Maître de Conférences Assistante Associée au 01/01/2007

*italique* : responsable de la sous-section

\* temps plein - \*\* responsable TP

Nancy, le 01.01.2007

*Par délibération en date du 11 Décembre 1972,  
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que  
les opinions émises dans les dissertations  
qui lui seront présentées  
doivent être considérées comme propres à  
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner  
aucune approbation ni improbation.*

**A notre juge,**

**Monsieur le Professeur Jean-Paul LOUIS,**

Officier des Palmes Académiques  
Docteur en Chirurgie Dentaire  
Docteur en Sciences Odontologiques  
Docteur d'Etat en Odontologie  
Professeur des Universités  
Sous-section : Prothèses

**Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger notre travail, nous vous en sommes très reconnaissant.**

**Nous vous serons toujours gré de l'attention, de la pédagogie et du dévouement dont vous avez fait preuve, tout au long de nos études.**

**Nous vous remercions sincèrement pour votre enseignement et les relations constructives que nous avons pu entretenir dans le cadre de la vie associative.**

**Veillez trouver dans ce travail, l'expression de notre profond respect, ainsi que notre admiration la plus sincère.**

**A notre président et directeur de thèse,**

**Monsieur le Professeur Alain FONTAINE,**

Chevalier de l'Ordre National du Mérite  
Docteur en Chirurgie Dentaire  
Docteur en Sciences Odontologiques  
Professeur de 1<sup>er</sup> Grade  
Sous-section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

**Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury et la direction de cette thèse, nous vous en sommes très reconnaissant.**

**Pour votre enseignement, votre accueil et la confiance que vous nous avez accordée durant notre stage dans votre service, permettez-nous de vous exprimer notre profonde gratitude.**

**Nous souhaitons que vous trouviez dans ce travail, le fruit de la rigueur de votre instruction.**

**A notre juge,**

**Monsieur le Docteur MOLE Christian,**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Docteur en Sciences Odontologiques  
Ancien Assistant Hospitalier-Universitaire

**Vous nous avez fait l'honneur de siéger dans  
notre jury.**

**Nous vous remercions de votre soutien et de  
votre investissement tout au long de ce travail.**

**Le temps passé à vos côtés a été très riche en  
enseignement et en découverte.**

**Nous espérons que vous trouverez dans ce travail,  
autant de satisfaction que l'intérêt sincère que  
vous y avez porté, ainsi que notre profonde  
admiration.**

**A notre juge,**

**Monsieur le Docteur PERROT Ghislain,**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
Docteur en Sciences Odontologiques  
Assistant Hospitalier Universitaire

**Nous vous sommes très reconnaissant d'avoir  
accepté de juger notre travail.**

**Nous vous sommes très reconnaissant de l'intérêt  
que vous avez manifesté pour notre sujet.**

**Nous vous remercions de nous avoir apporté votre  
aide dans la réalisation de notre travail, par tous  
les conseils et recommandations que vous nous  
avez donnés.**

**Veillez trouver dans ce travail, l'expression de  
notre profond respect.**

**Dla dziadka\*,**

\*A mon Grand-Père,

A mes Pairs,

Merci à tous les enseignants, assistants, professeurs, prothésistes, les vrais, ceux qui se sont investis à nous transmettre leur savoir, les autres n'ont pas leur place dans une faculté, dommage qu'ils y restent.

Merci à tous ceux qui nous ont encadrés et aidés de leurs mieux, les hommes en verts, les aides soignantes, Mme Froment, Mme Boulanger.

Merci au Dr Babel pour son accueil et son enseignement lors de ma deuxième et cinquième année. Le wax - up, ce n'est pas de la tarte !!

A mes Parents,

Maman, Ta patience avec ton aîné, n'a d'égale que ton sourire et ta bonne humeur. Tu es toujours là Maman, merci.

Papa, tu es toujours venu pour moi pendant toutes ces années et où que tu sois je sais que tu penses à moi.

Francis, tu as su tenir ton rôle de papa « bis » à la perfection en me respectant et me poussant quand il le fallait. Beaucoup de « beaux-pères » devraient être comme toi cela rendrait plein d'enfants heureux.

Tata, tu t'es occupé de moi comme de ton fils, merci. Prends soin de toi, tu es quelqu'un de formidable quand tu prends des initiatives.

A mes Frères et Soeur,

Adam, tant d'années ensemble, tant d'années séparés, tant de différences entre nous, mais toujours un lien sans pareil. Je serais là pour toi, toujours.

Louis-Philippe, je t'ai vu tout petit et bientôt tu seras si grand. Il est loin le temps où tenais à peine un stylo et que tu gratouillais une à une les cordes de ta guitare. Je suis fier de toi Loul'.

Anita, ma petite sœur chérie, si discrète et adorable, aussi belle qu'intelligente. Prends confiance et toutes les portes s'ouvriront à toi. Quand j'entends tes mains sur le clavier, je suis si heureux et fier de t'avoir pour frangine.

Simon, encore si jeune que je serai bientôt un vieux pour toi. Tu as l'éveil et la malice sers toi en à l'école et tu comprendras comme je l'ai compris à quoi ça sert.

A ma Famille,

Babciu, Dziadku, bardzo wam dziękuję za opiekę przez te lata.

Mamie Pâquerette, j'aurai toujours le souvenir de tes frites et de l'odeur hivernal du pot-feu. Puisses tu rester avec nous encore longtemps.

Mami et Prodi, vous nous manquez beaucoup, j'aurai aimé vous avoir un jour comme celui-ci.

Serge, merci à toi, tu as su être là dans des moments décisifs et difficiles. Merci beaucoup pour ton aide.

Tatas, Tontons, cousins, cousines, je vous vois autant que faire ce peut, ce qui est toujours trop peu. Je pense à vous.

A mes Amis,

Djé, Constant, Rominou, Faf, Cyrille, Bibiche, Karen, Tof vous m'avez supporté dans tous les états, des meilleurs aux moins bons et vous êtes toujours à mes côtés. Merci de cette amitié, de ces longues discussions et réflexions sur la vie, pour tous ces moments de bonheur passés ensemble.

Seb', Nath, Ludo, Mimy, Mimie, Toof, Guitz, Noun, Pat', Remi, Roud', Seb'(Serge), Gillou, Jul', Bebert, Brun-Brun, Caro', Clém, Thom', Ste, Marco, Nold, Maurice, Sud, Valérie, vous seriez moins nombreux, ça serait moins long à écrire. Merci pour tous les moments qu'on a passés ensemble, à la fac, en soirée, au ski ou ailleurs. Vous êtes adorables et j'espère vous garder longtemps comme copains (comme cochons ?)

A tous ceux que je n'ai pas oubliés,

Merci à tous ceux que j'ai rencontrés dans mon parcours étudiant et associatif, j'ai beaucoup appris avec vous. L'assoc' c'est bien, aussi quand ça s'arrête.

Merci à mes deux binômes qui m'ont fait passer de bons moments en clinques. Marco, désolé mais c'est sur toi que c'est tombé, t'as assuré comme un chef, merci encore. Rem's, je me souviens du jour de répartition : « Rémi Hannhart, vous connaissez ? – Non, non... ». On repart en Pologne ?

A tous ceux que j'ai oubliés,

Ben quoi, ça arrive.

A un sourire plein d'amour,

A celle qui le porte et me supporte.

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b><u>INTRODUCTION</u></b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b><u>PIEZOELECTRICITE</u></b>	<b>2</b>
2.1	HISTORIQUE	2
2.2	PROPRIETES PHYSIQUES	3
2.3	LES ULTRASONS	6
<b>3.</b>	<b><u>MATERIEL</u></b>	<b>10</b>
3.1	LE GENERATEUR	10
3.2	LES INSERTS	13
3.3	LA PIECE A MAIN	18
3.4	INSTALLATION ET ENTRETIEN	19
<b>4.</b>	<b><u>EVALUATION DES PERFORMANCES</u></b>	<b>21</b>
4.1	EFFET DE COUPE	21
4.2	ELEVATION DE TEMPERATURE	24
4.3	IRRIGATION	25
4.4	REPOSE DU TISSUS OSSEUX	27
<b>5.</b>	<b><u>UTILISATION CLINIQUE EN ODONTOLOGIE</u></b>	<b>33</b>
5.1	UN NOUVEL INSTRUMENT	33
5.2	CHIRURGIE ENDODONTIQUE	33
5.3	THERAPEUTIQUE ET CHIRURGIE PARODONTALE	36
5.4	CHIRURGIE EXODONTIQUE	39
<b>6.</b>	<b><u>UTILISATION EN CHIRURGIE IMPLANTAIRE</u></b>	<b>46</b>

<b>6.1</b>	<b>DEPOSE D'IMPLANTS</b>	<b>46</b>
<b>6.2</b>	<b>GESTION DU TISSU OSSEUX PERI-IMPLANTAIRE</b>	<b>47</b>
<b>6.3</b>	<b>DEROUTEMENT DU NERF ALVEOLAIRE</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b><u>CHIRURGIE ORTHOGNATIQUE</u></b>	<b>83</b>
<b>7.1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>83</b>
<b>7.2</b>	<b>DEFINITION</b>	<b>83</b>
<b>7.3</b>	<b>UTILISATION DE LA PIEZOCHIRURGIE</b>	<b>84</b>
<b>8.</b>	<b><u>CONCLUSION</u></b>	<b>87</b>
<b>9.</b>	<b><u>TABLE DES ILLUSTRATIONS</u></b>	<b>89</b>
<b>10.</b>	<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b>	<b>92</b>
<b>11.</b>	<b><u>REMERCIEMENTS</u></b>	<b>99</b>
<b>12.</b>	<b><u>TABLE DES MATIERES</u></b>	<b>100</b>

# 1. INTRODUCTION

L'essor important de l'implantologie ces vingt dernières années a entraîné une évolution des techniques visant à aménager les tissus péri-implantaires. Ainsi la meilleure gestion des tissus muqueux apporte des résultats esthétiques de plus en plus satisfaisants, tandis que la modification du tissu osseux repousse les limites de l'implantologie.

Ces progrès ont été permis par la mise au point de techniques sans cesse améliorées, mais aussi par la recherche permanente d'une instrumentation plus performante. Ces instruments et ces techniques opératoires visent à augmenter le confort des patients mais aussi celui des praticiens, et à diminuer les risques tout en augmentant les résultats d'intervention.

Le prélèvement de greffons dans la cavité buccale ou le comblement de sinus maxillaire, sont des interventions présentant des risques importants vis-à-vis des tissus mous adjacents au site opéré, dès lors que des instrument rotatifs sont utilisés. La lésion de ces tissus peut avoir des conséquences plus ou moins graves, selon qu'il s'agit d'un petit fragment de muqueuse ou d'un pédicule vasculo-nerveux. Si l'atteinte du premier peut rendre la fermeture du site plus complexe, celle du second peut aller jusqu'à compromettre l'innervation ou l'apport trophique d'un territoire.

Afin de minimiser ces risques, le docteur Vercellotti, praticien privé à Gènes, Italie, s'est penché sur les travaux de Horton et coll., 1981, concernant un bistouri à ultrasons, inactif sur les tissus mous mais encore trop peu enclin à la chirurgie osseuse par manque de puissance. Avec le concours de la société Mectron®, il a mis au point des techniques cliniques s'appuyant sur un bistouri piézoélectrique assez performant pour la chirurgie osseuse, tout en gardant son innocuité sur les tissus mous. C'est pendant les premiers essais, en 1998, qu'apparaît pour la première fois le terme de piézochirurgie.

La piézochirurgie peut être définie comme l'ensemble des techniques chirurgicales mettant en jeu l'utilisation d'un bistouri ultrasonore.

Après avoir brièvement étudié les principes de la piézoélectricité, nous verrons comment se présente cet instrument et quels sont ses principes. Nous nous pencherons ensuite sur ses performances et son utilisation au travers d'une étude bibliographique et de plusieurs cas cliniques. Enfin nous tenterons d'évaluer les avantages qui se dégagent de son utilisation et quelles sont les limites que l'on rencontre.



## 2. PIEZOELECTRICITE

### 2.1 HISTORIQUE

Pressentie au milieu du XIXe siècle, après les théories cristallographiques de René Just Haüy, fondateur de la minéralogie moderne, la piézoélectricité a été mise en évidence à Paris, en 1880, par les frères Pierre et Jacques Curie. Ce fut une découverte exemplaire, puisque ces derniers apportèrent à la fois la preuve expérimentale du phénomène et une théorie élaborée, la reliant à la géométrie atomique des cristaux et énonçant ses principales lois.

De nombreux physiciens se penchèrent alors sur le phénomène, complétèrent les travaux des frères Curie, laissant la théorie presque totalement établie à la fin du XIXe siècle.

C'est le quartz qui se trouve être le premier matériau piézoélectrique observé. Il est alors utilisé dans la conception de capteurs de pression, dont Pierre et Marie Curie se servent alors pour leurs recherches sur les gaz. La piézoélectricité reste dans le domaine des laboratoires.

Durant la guerre 1914-1918, Langevin soumet les cristaux à des courants alternatifs et donne naissance à des ultrasons (effet direct). Ceux-ci, renvoyés par un objet sont facilement détectés par d'autres cristaux piézoélectriques, qui produisent alors un signal électrique (effet inverse) facilement décelable. C'est l'apparition du sonar, déterminant pour la détection des sous-marins et symbole de l'entrée vers les applications industrielles.

On assiste alors, en 1918, au développement des premiers oscillateurs électroniques stables (W. CADY). Les vibrations régulières du quartz sont utilisées pour établir une échelle du temps très précise et stable. Celle-ci se révèle très prometteuse dans les premières horloges à quartz et dans l'électronique naissante.

La seconde guerre mondiale voit la naissance de cristaux piézoélectriques de synthèse, puis des céramiques piézoélectriques qui élargissent encore le champ d'application. En électronique, on appelle encore « quartz », un composant ayant les mêmes propriétés de résonance que le cristal par analogie à celui-ci.

Aujourd'hui, la piézoélectricité trouve sa place dans de nombreux domaines pour servir dans des appareillages divers, allant du simple allume-gaz domestique, aux imprimantes jet d'encre (Epson®), systèmes d'injection automobile, générateurs d'ultrasons, microprocesseurs et bien d'autres encore.

## 2.2 PROPRIETES PHYSIQUES

### 2.2.1 DEFINITION

D'un point de vue étymologique, le terme grec « piezein » ( $\pi\epsilon\zeta\epsilon\iota\nu$ ), signifiant compresser, donna l'unité de pression désuète la « pièze » et le terme « piézo ».

La piézo-électricité est un phénomène propre à certains types de cristaux (le quartz, les sulfates, les phosphates, les sucres, la tourmaline, le sel de Seignette...) qui se caractérise par l'apparition de charges électriques à la surface de ces corps, quand on les soumet à des pressions, des charges mécaniques (effet « direct »).

Inversement, l'application d'une tension électrique sur ces mêmes surfaces donne lieu à une modification des dimensions des cristaux (effet « inverse »). Il y a là un moyen de transformer un signal électrique en déformation mécanique et réciproquement.

### 2.2.2 MATERIAUX PIEZOELECTRIQUES

Si la matière stable est électriquement neutre, elle peut cependant présenter des charges électriques à sa surface dans certaines conditions ; on peut l'observer avec l'électricité statique. Dans notre cas, ce n'est pas la capacité de capter ou de libérer des électrons vis-à-vis d'un autre matériau qui importe ; c'est la répartition des charges élémentaires dans la structure interne du corps qui lui donne son caractère piézoélectrique ou non. En effet, si les différentes charges élémentaires du corps peuvent se déplacer les une par rapport aux autres, au sein d'une cellule élémentaire (anisotropie), on se trouve en présence d'un matériau ayant un potentiel piézoélectrique. (Rey, 2002, [49]) Dans les solides cristallins, ces cristaux individuellement piézoélectriques sont rangés de façon ordonnée et donnent une polarisation au solide (Fig. 1, B).

Par contre, dans un corps dit isotrope, les dipôles élémentaires étant repartis de façon aléatoire, les déformations ne provoquent aucun effet piézoélectrique. C'est le cas des solides non cristallins et des céramiques (Fig. 1, A).

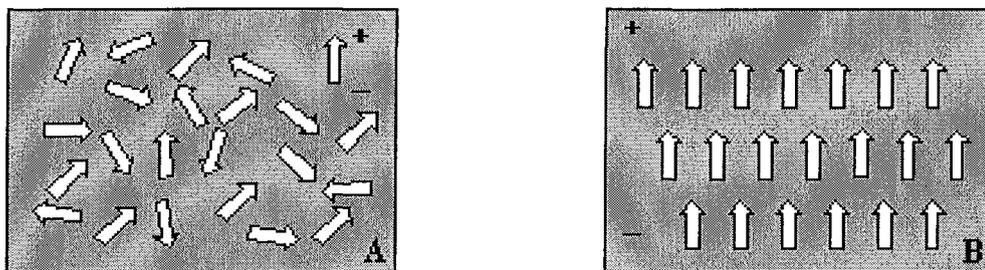


Figure 1 : Répartition des dipôles élémentaires dans un corps : (A) isotrope, (B) Anisotrope.

A l'échelle moléculaire, pour qu'un cristal possède des propriétés piézoélectriques, il ne faut pas qu'il présente de centre de symétrie dans la disposition tridimensionnelle de ses atomes. (Katzir, 2003, [32])

Lorsqu'une force de compression ou de cisaillement est appliquée sur un cristal, on a deux conséquences différentes selon l'arrangement cristallin :

**Domaine cristallin avec centre de symétrie :**

Les charges se déplacent pendant l'application de la force, mais leur disposition garde une structure neutre. Les centres des charges positives et négatives se confondent (Fig. 2).

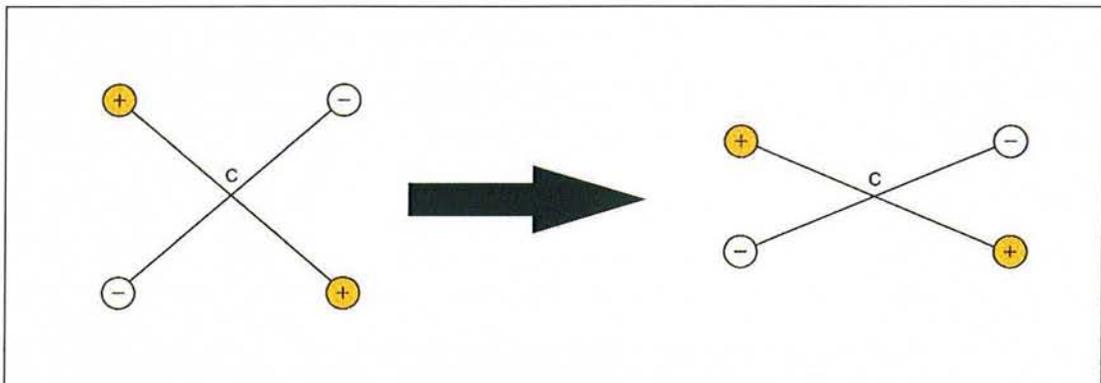


Figure 2 : Déformation d'un cristal isotrope, d'après Encyclopedia Universalis 2004 [67]

**Domaine cristallin sans centre de symétrie :**

Le déplacement des centres négatifs et positifs, les uns par rapport aux autres, engendre l'apparition d'une polarisation à la surface du solide : c'est l'effet piézoélectrique (Fig. 3).

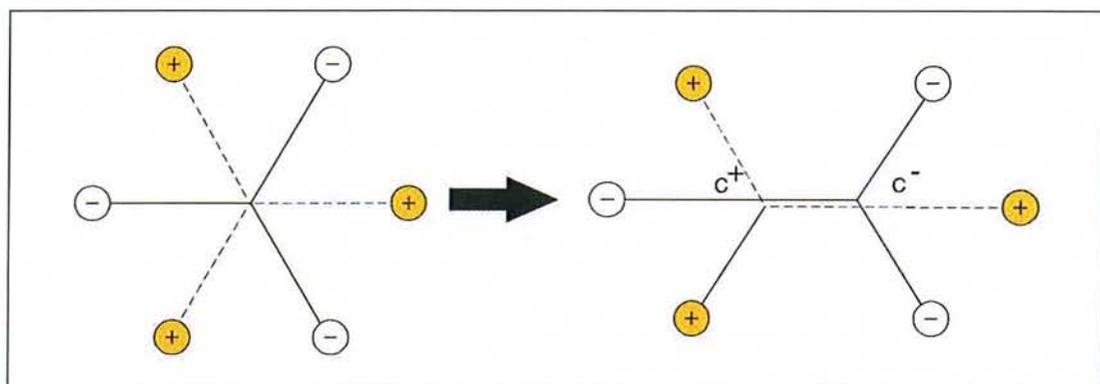


Figure 3 : Déformation d'un cristal anisotrope, d'après Encyclopedia Universalis 2004 [67]

## Création des céramiques piézoélectriques :

La structure des céramiques ne présente pas un arrangement cristallin, compatible avec des propriétés piézoélectriques (Fig. 1A, p3). Il est donc nécessaire de créer un réseau cristallin anisotrope (Fig.1B, p3).

Pour cela, un champ magnétique qui oriente les dipôles dans son sens, est appliqué à la céramique lors de son élaboration. La céramique est ensuite figée dans cette position. Cette opération doit se dérouler en dessous d'une température propre à chaque matériau et nommée « point de Curie » (TC) (Fig. 4).

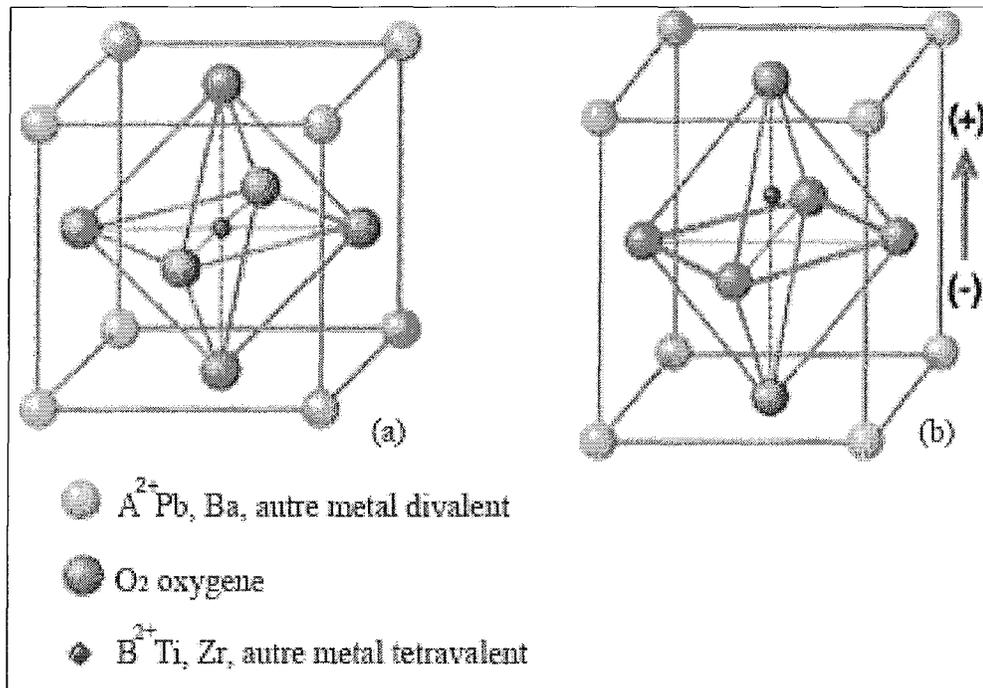


Figure 4 : Structure d'un cristal d'une céramique piézoélectrique traditionnelle, (a) température au dessus du point de Curie, (b) température en dessous du point de Curie d'après APC Ltd. [69]

Le point de Curie est la température au dessus de laquelle, un corps ferromagnétique perd ses propriétés et n'est plus attiré par un aimant ; il devient paramagnétique. En dessous de son point de Curie, les domaines cristallins de la céramique restent des dipôles asymétriques et sont orientables (Fig. 4, b), au dessus, ils perdent leur polarisation (Fig. 4, a).

Le matériau piézoélectrique avec un point de Curie trop bas, comme le titanate de baryum ( $120^{\circ}\text{C}$ ), ne peuvent pas servir dans beaucoup de domaines industriels, car les températures dégagées par leur utilisation sont bien supérieures à cette limite et entraînent donc leur dépolariation.

Aujourd'hui, il est possible de créer des céramiques avec un haut potentiel piézoélectrique, ouvrant des champs d'application variés grâce à des résistances plus élevées aux contraintes de vibrations que le quartz. Ce sont elles qui sont utilisées dans les instruments de chirurgie piézoélectrique.

### 2.2.3 PHENOMENE DE RESONNANCE

Il est défini par une égalité entre la fréquence de l'agent excitateur, et l'une des fréquences propres du système oscillant excité. Il est caractérisé principalement par un maximum de la réponse du système, en fonction de la fréquence excitatrice. La résonance existe dans de nombreux domaines de la physique et on peut en étudier quelques aspects particuliers.

Les éléments piézoélectriques soumis à un courant alternatif entrent en vibration. Chaque matériau piézoélectrique possède une fréquence propre ; il est donc possible de déterminer une fréquence vibratoire de résonance, pour laquelle les compressions et extensions du cristal sont synchrones avec la fréquence du courant appliqué. La particularité de cette fréquence est une libération d'énergie maximale. C'est de cette façon que l'on peut atteindre des pics de puissance, nécessaires dans certaines applications.

Avec l'utilisation des céramiques piézoélectrique, la résonance est limitée par des contraintes électriques et calorifiques. Ainsi, lorsqu'un voltage trop important est appliqué, ou si l'échauffement lié aux mouvements de compression/décompression atteint le point de Curie, le matériau se dépolarise. **(Katzir, 2003 [32])**

## 2.3 LES ULTRASONS

### 2.3.1 GENERATION

Si la mise sous tension d'un cristal piézoélectrique provoque sa déformation, l'application d'un courant alternatif engendre une série de compressions/décompressions qui dépendent des propriétés du cristal et de la fréquence du courant auquel il est soumis. Ces oscillations mécaniques sont transmises à l'air, et donnent naissance à des sons de diverses fréquences, allant jusqu'aux ultrasons (fréquences comprises entre 15 000 et 120 000 Hz). Ceux-ci ont la possibilité de se propager dans les liquides et sont par exemple utilisés directement dans des cuves de nettoyage à ultrasons.

Si un insert est fixé à ces céramiques, les ondes étant transmises dans les solides, celui-ci vibre à la même fréquence. Selon cette fréquence, les applications sont diverses. Par exemple pour un détartreur conventionnel, elle oscille entre 29 à 30 kHz.

## 2.3.2 CARACTERISTIQUES

Les ondes ultrasonores sont à l'origine de deux phénomènes intéressants qui se manifestent aux interfaces de phases :

### La vibration différentielle :

Elle est à l'origine d'un clivage solide/solide. Cette propriété est utilisée pour nos détartreurs ou pour l'élimination des calculs rénaux et biliaires en médecine. Elle s'explique par le fait qu'une fréquence ne se propage pas de la même façon dans chaque matériau et entraîne, dans chacun d'eux, une réponse mécanique différente. La différence de réponse permet un clivage. (Gruber et coll., 2005, [27])

### La cavitation :

Elle est définie par le clivage solide/liquide, qui se caractérise par le brouillard formé par ces instruments avec l'irrigation. Celui-ci permet une dissipation de chaleur suffisante visant à protéger les tissus. D'autres avantages que nous allons développer plus loin, lui serait encore attribués.

## 2.3.3 CAVITATION

### **2.3.3.1 Nature du phénomène**

Nombre d'articles parlent de la cavitation et de ses effets bénéfiques en piézochirurgie. Toutefois la nature exacte du phénomène n'est jamais décrite dans la littérature traitant de la piézochirurgie et peut conduire à une mauvaise compréhension. C'est ce qui nous pousse à nous intéresser à cette propriété plus en détail.

La cavitation est la formation de bulles de gaz dans un liquide sans qu'on augmente sa température. Elle se produit dans les liquides soumis à une dépression, lorsque la pression passe sous le seuil de cavitation. (Brujan, 2004, [14])

### Selon l'équation de Bernoulli applicable aux fluides:

$$P_a + \frac{1}{2} \rho v_a^2 = \text{Constante}$$

$P_a$  : la pression,  $\rho$  : masse volumique,  $v_a$  : vitesse

Il en découle donc, que si la vitesse du fluide augmente, sa pression diminue. Alors, si une surface solide se déplace à grande vitesse au contact d'un liquide, il y a diminution de la pression à l'interface et donc possibilité d'apparition de la cavitation. Celle-ci ne se manifeste que si le seuil de vaporisation du liquide concerné est franchi. Il y a alors formation de bulles de gaz dans le liquide. C'est ce qui se passe quand une hélice tourne très vite dans l'eau ou quand un insert ultrasonore vibre au contact d'un liquide.

Même si le phénomène reste souvent microscopique, il n'en résulte pas moins que l'on peut observer aisément ses effets, à notre échelle. En effet, le sillage des bateaux en mer comme le brouillard caractéristique d'un détartreur qui fonctionne, sont les manifestations macroscopiques de la cavitation.

Toutefois, ces manifestations ne sont pas éternelles ; les mers auraient par exemple un aspect assez étrange, si les sillages des bateaux ne s'effaçaient pas. Les bulles formées sont effectivement instables et vont se collapser en peu de temps, dégageant une onde de choc très puissante. Des valeurs de pression de plusieurs milliers de bars, ainsi que de température très élevées, ont été mesurées dans des domaines très différents. **(Brujan, 2004, [14])**

#### Dans l'industrie :

L'examen des hélices de pompes hydrauliques ou de bateaux, fortement érodées, voire détruites par cavitation, montre des traces caractéristiques de petits trous ronds, aux endroits où la vitesse est maximale. C'est par ailleurs le faible rendement des pompes à hélice haute vitesse, qui est à l'origine de l'étude de ce phénomène

#### Dans la nature :

Une espèce de crevette océanique a fait la une des phénomènes étranges du monde vivant, dans le magazine « Nature ». Il s'agit d'une espèce connue depuis longtemps avec une anatomie particulière. Une de ses pinces est hypertrophiée et permet une fermeture très rapide, provoquant alors la formation d'un nuage de bulles d'air.

Dans le nuage ainsi formé par cavitation, le collapsus des bulles dégage une énergie instantanée (mesurée à 5000°C !) suffisante à assommer, voire tuer le plancton avoisinant, dont elle se nourrit par la suite. **(Lohse et coll., 2001, [40])**

### 2.3.3.2 Manifestation en piézochirurgie

En ce qui concerne le domaine dentaire, se sont les ultrasons provoquant des oscillations très rapides des solides, dans lesquels ils se propagent, qui donnent naissance à ces bulles. C'est ainsi que le principe de cavitation est utilisé dans nos cuves de nettoyage, où les ultrasons faisant vibrer nos instruments solides au contact du liquide de décontamination, forment les microbulles d'air qui décaper à merveille leurs surfaces des impuretés.

Dans le cas de l'insert piézoélectrique, le liquide d'irrigation est donc dispersé par vibration en un fin brouillard, dont les gouttes d'eau sont emplies de bulles de vapeur instables, prêtes à imploser et à décaper le champ opératoire (Fig.5). Il en résulte une très bonne visibilité de celui-ci (exsangue) et une excellente élimination des débris. Selon certains auteurs, la réduction du saignement serait due à la libération d'un exsudat protéique par les tissus, sous l'effet des vibrations transmises par l'insert à la surface osseuse. Aucune étude pertinente n'a cependant été publiée à ce sujet pour le moment. (Siervo et coll., 2004, [55])

Enfin, il paraît évident, que les pressions appliquées par cet instrument ne sont pas aussi puissantes que celles décrites plus haut et restent donc heureusement inoffensives vis-à-vis des tissus vivants. (Brujan, 2004, [14])

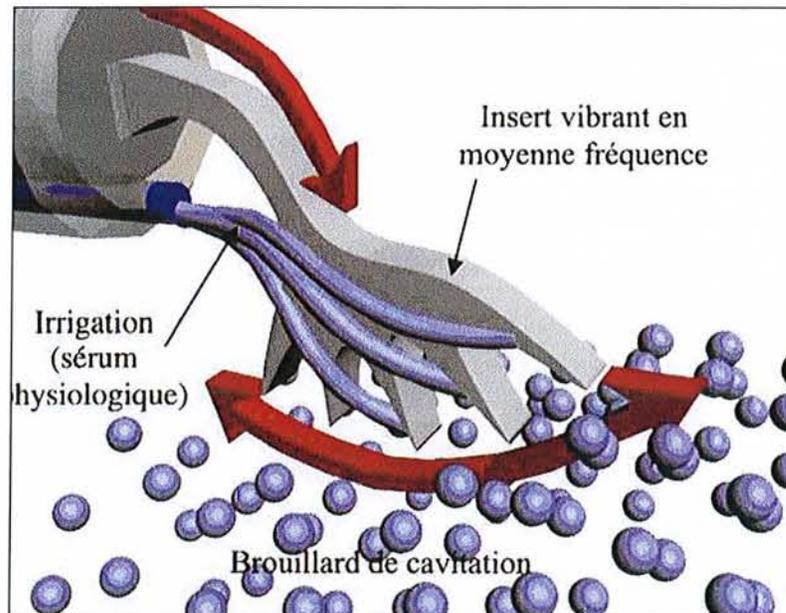


Figure 5 : Formation du brouillard de cavitation d'après Leclerc et Dohan, 2004, [37]

### 3. MATERIEL

#### 3.1 LE GENERATEUR

##### 3.1.1 DESCRIPTION

Si la société Mectron® peut se vanter d'avoir remis au goût du jour le bistouri piézoélectrique, il n'en est pas de même quand à son exclusivité. En effet, la concurrence n'est pas en reste et le marché voit ainsi fleurir différents modèles. Il existe à l'heure actuelle, plusieurs distributeurs qui proposent des générateurs pour l'utilisation en chirurgie dentaire :

- Le PIEZOSURGERY® chez MECTRON® : version 1 et 2 (Fig. 6)
- Le SURGYSONIC® chez ESACROM®
- Le PIEZOTOME® chez SATELEC® (Fig. 7)
- Le PIEZON MASTER SURGERY® chez EMS® (Fig.8)



Figure 6 : PIEZOSURGERY® : A) Version 1, B) Version 2



Figure 7 : PIEZOTOME®



Figure 8 : PIEZON-MASTER-SURGERY®

Les trois ensembles sont similaires ; ils se présentent comme des détartreurs classiques autonomes. L'ensemble est composé d'un générateur, d'une pièce à main et des câbles et cordons pour l'alimentation et la pédale.

Les générateurs sont tous pourvus d'une potence pour la fixation du système d'irrigation, ainsi que d'une pompe péristaltique. Un écran monochrome affiche le mode sélectionné et le débit de liquide délivré. Tous les contrôles sont accessibles par un clavier à touches étanches, permettant un nettoyage facile de l'ensemble.

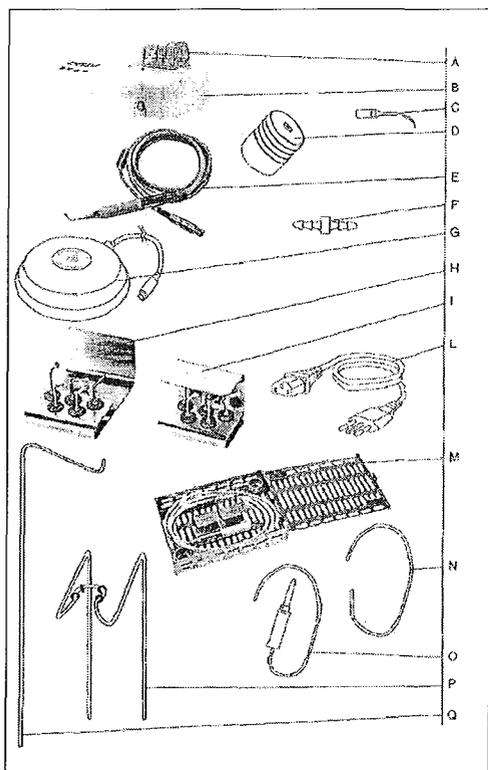
Pour le modèle PIEZOTOME®, plusieurs différences sont à prendre en compte. En effet, celui-ci possède deux orifices pour le branchement des pièces à main. L'appareil n'ayant qu'une seule pédale, il n'est pas possible d'employer les deux en même temps. Toutefois, ce système permet le passage rapide d'un instrument à l'autre sans avoir à changer l'insert. De plus, à chaque branchement correspond une pompe indépendante, qui peut se révéler être d'un grand secours vis-à-vis de la défaillance de son double.

Le passage d'une pièce à main à l'autre se fait par le clavier ou directement à la pédale. En outre, il est à préciser que toutes les commandes sont possibles à partir de celle-ci, ce qui n'est pas le cas des autres modèles sur le marché.

Enfin, le générateur est muni d'un système qui adapte en permanence le courant en fonction de la résistance rencontrée par l'insert. (Feed-Back®) Le même principe est utilisé pour le PIEZON MASTER SURGERY®.

La société Mectron® propose aussi un modèle pour l'utilisation en médecine et chirurgie osseuse. Au vu de son utilisation encore limitée, de son prix prohibitif (40.000 euros) et du manque de documentation, nous ne nous attarderons pas à sa description.

Bien que tous les modèles soient différents, nous nous limiterons à la description d'un seul ; les pièces principales qui les composent sont quasi identiques sur chacun. L'ensemble des pièces composant ces systèmes pris pour exemple, sera le PIEZOSURGERY® version II. (Fig.9)



Légende :

- A et B** Le corps de l'appareil
- C** *Insert*
- D** *Clé dynamométrique*
- E** *Pièce à main*
- F** *Raccord cordon*
- G** *Pédale avec câble*
- H** Kit de 5 inserts
- I** Kit pour les sinus lifts
- L** Câble d'alimentation
- M** Panier à stériliser
- N** Tube d'irrigation
- O** Raccord irrigation
- P** Support pièce à main
- Q** *Potence*

Figure 9 : Descriptif PIEZOSURGERY®

### 3.1.2 FONCTIONS

Tous les modèles sont différents dans leurs réglages, toutefois leur fonctionnement est similaire, car il répond aux mêmes principes, sauf dans le cas du générateur EMS® qui ne possède que le choix entre le mode piézo-chirurgie et détartrage et deux rhéostats pour la puissance et l'irrigation.

Tous les réglages se font par le panneau de commandes avant, sauf pour le PIEZOTOME® où ils sont aussi accessibles de la pédale. Les réglages choisis sont visibles sur un écran de contrôle monochrome. Il existe trois modes de fréquence en fonction de l'utilisation clinique recherchée. (Leclerc et Dohan, 2004 [37])

### **Mode 1 (low) :**

La fréquence est de 29 MHz. Ceci permet grâce aux inserts adaptés, la réalisation d'un détartrage conventionnel. Une application sur l'os est inefficace. En effet, un détartréur classique ne donne, au mieux, qu'une légère encoche de 1-2 mm dans l'os, qui s'accompagne généralement d'une nécrose due à l'échauffement.

### **Mode 2 (High) :**

Les fréquences de 29 MHz sont modulées en 50 MHz toutes les 30 ns. L'effet de coupe ainsi obtenu est modéré. Toujours trop faible pour la chirurgie osseuse, ce réglage se révèle très adapté à la chirurgie parodontale et endodontique. Il est ainsi plus facile de cureter les poches et débrider les tissus de granulation.

### **Mode 3 (boosted) :**

La fréquence est modulée sur un laps de temps plus court encore, toutes les 10 ns. L'efficacité est alors maximale par l'entrée en résonance des pastilles de céramique piézoélectrique. L'énergie dégagée est beaucoup plus importante et permet un effet de coupe au niveau osseux. **(Leclerc et Dohan, 2004 [37])**

Enfin, pour chacun de ses réglages, il existe six niveaux de puissance permettant une adaptation optimale au terrain. Toutefois pour la chirurgie osseuse, il est conseillé d'employer la puissance maximale.

Il est aussi possible de faire varier le débit de l'irrigation sur six paliers de 0 à 100 ml/min. En mode chirurgie osseuse, le débit minimal est souvent bloqué par sécurité, à 15ml/min.

## **3.2 LES INSERTS**

Chaque insert possède une forme bien particulière, qui doit s'adapter à une situation clinique bien définie. Les alliages et revêtements qui les composent, répondent eux, aux contraintes auxquelles ces inserts sont soumis en situation clinique. Cette spécificité pouvant à priori restreindre le domaine de la piézochirurgie, est compensée par les concepteurs qui nous offrent des gammes très complètes. Ce panel varié, couplé à la modulation de puissance du générateur, permet des utilisations allant du détartrage à la chirurgie osseuse (Fig. 10, p.14).

Si chaque embout peut être acheté séparément, les fabricants préfèrent les regrouper sous forme de kits, en fonction des interventions. En effet, la plupart des interventions nécessitent plusieurs inserts ; leur regroupement sur un petit présentoir simplifie les procédures d'emballage et de stérilisation. Nous allons passer en revue la nature des alliages qui composent ces instruments et leurs propriétés, ainsi que les différents kits proposés actuellement.

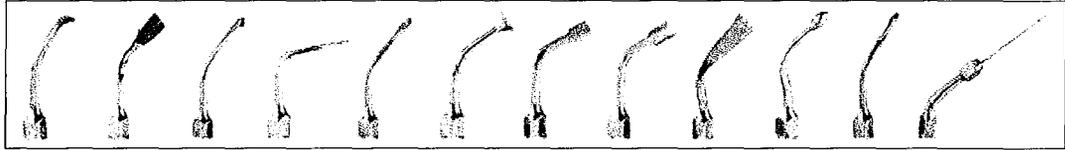


Figure 10 : Gamme d'inserts SURGYSONIC®

Pour la gamme EMS®, chaque insert est livré avec sa propre clé de serrage (Combitorque®) dont l'avantage ergonomique n'est pas des moindres lors de multiples changements d'insert.

### 3.2.1 REVETEMENTS

#### 3.2.1.1 *Acier*

L'acier est utilisé pour les inserts dont le but n'est pas la coupe osseuse. Il constitue plus particulièrement, les embouts destinés à la séparation entre tissus durs et tissus mous, mais aussi entre corps solides de dureté différente. Ceux-ci sont donc orientés d'une part vers le décollement de tissus mous adhérents à l'os (soulevé de membrane sinusienne, excrète de tissu de granulation), d'autre part à l'élimination du tartre. Par contre, une utilisation prolongée sur l'os provoque leur usure prématurée. (Boioli et coll., 2005, [11])

#### 3.2.1.2 *Alliage recouvert de Nitrure de Titane (TiN)*

Le nitrure de titane n'est pas un alliage qui compose l'ensemble de l'insert, mais recouvre celui-ci d'une fine couche. Il est incorporé à la surface de l'instrument par un procédé de dépôt chimique en phase vapeur (CVD) et se caractérise par une couleur dorée.

Cet alliage confère une très grande résistance aux inserts. Sa dureté HV (Vickers) est voisine de 2600, bien plus faible que le diamant (environ 10000) mais nettement supérieure à l'acier (800). Il est largement utilisé sur les aiguilles de couture et sur les outils de découpe dans l'industrie textile. On le trouvera donc ici, plutôt sur les instruments coupants destinés à la chirurgie osseuse. Ces instruments sont taillés avec des bords tranchants ou en forme de scie. (Boioli et coll., 2005, [11])

### 3.2.1.3 *Alliage recouvert de Nitrure de Titane et diamanté*

Ces instruments sont dépourvus d'angles vifs et c'est le revêtement diamanté qui permet la coupe des tissus par microabrasion. Le trait de coupe est alors moins efficace qu'avec les inserts précédents et moins net. De plus, les instruments de même forme sont disponibles avec plusieurs granulométries différentes, suivant l'utilisation escomptée. Les granulométries fines seront plus adaptées à des actes nécessitant une faible abrasion, comme le surfaçage radiculaire. Les grains plus gros recouvrent les inserts destinés aux ostéoplasties et ostéotomies. Enfin, la forme contondante des inserts joue un rôle important, vis-à-vis des passages plus difficiles lors d'ostéotomies à proximités d'éléments anatomiques fragiles. (Boioli et coll., 2005, [11])

## 3.2.2 DIFFERENTS KITS

### 3.2.2.1 *Chirurgie parodontale*

Le kit se compose d'un insert acier classique, utilisé pour le détartrage de façon conventionnelle, ainsi que trois inserts renforcés au nitrure de titane. Associés au mode « high », ils permettent un curetage approfondi des lésions, ainsi que le débridement des poches parodontales.

Enfin, un insert diamanté à granulométrie fine (OP5) trouve son emploi dans les petites ostéoplasties et le surfaçage radiculaire par micro abrasion (Fig.11).

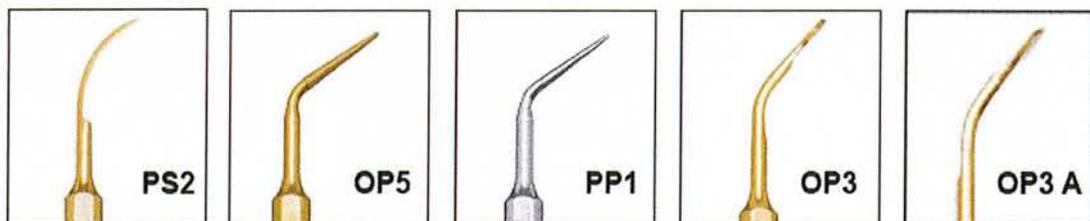


Figure 11 : Kit à usage parodontal

### 3.2.2.2 *Kit d'avulsion*

Il comporte quatre embouts recouverts de nitrure de titane, dont le but est de tracer des tranchées de dégagement autour des dents à avulser, donnant ainsi de l'élasticité à l'os alvéolaire. Ils permettent aussi mobiliser les dents ou morceaux de celles-ci brisés et difficiles d'accès, en réalisant une syndesmotomie plus profonde (Fig. 12, p16).



Figure 12 : Kit d'avulsion

### 3.2.2.3 Chirurgie osseuse

C'est le « basic kit » (MECTRON®) qui intègre cinq éléments dédiés aux prélèvements osseux. Ils sont tous renforcés au nitrure de titane permettant l'utilisation à plein régime sur l'os (Fig.10). On y trouve différents scalpels et une scie à os munie de cinq pointes.

Cet ensemble permet une large gamme d'interventions :

- ↘ **Remodelage osseux** : ostéoplasties plus importantes qu'avec le kit parodontal.
- ↘ **Ostéotomie** : pour le prélèvement osseux en blocs ou l'expansion de crête.
- ↘ **Aide aux avulsions** : dents ankylosées, incluses nécessitant un accès avec ostéotomie.
- ↘ **Récupération de copeaux d'os** : dans le cas de greffes ou de R.O.G. avec l'insert racleur (OP1).

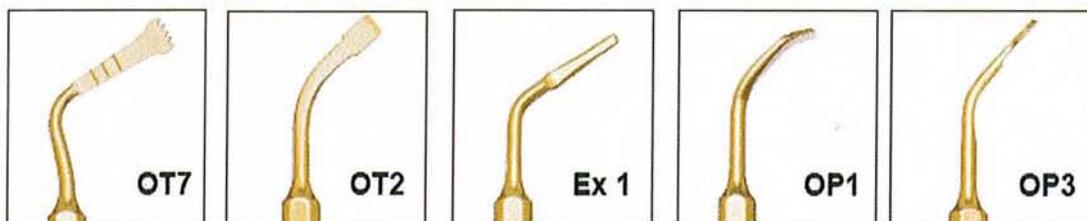


Figure 13 : Kit de base

### 3.2.2.4 Comblement sinusien

Ce dernier ensemble est dédié à l'ouverture du sinus maxillaire et au décollement de sa délicate membrane. Il se compose d'embouts diamantés, disponibles avec deux granulométries différentes (91 ou 126) permettant la découpe du volet osseux d'accès par microabrasion. Ensuite, se trouvent à notre disposition des embouts mous en acier, destinés à soulever le volet osseux et à assurer le décollement de la membrane sinusienne en douceur. (Fig.14)

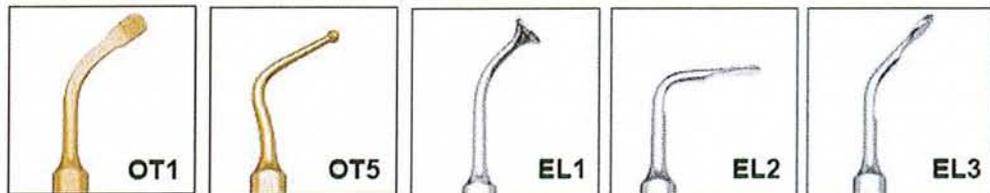


Figure 14 : Kit pour Sinus Lift

Il faut signaler que l'équivalent de l'insert EL1 chez Satelec® est trop volumineux pour pouvoir être vissé à l'aide de la clé dynamométrique prévue. Il faut donc prévoir une clé de vissage classique, pour ne pas se trouver pris au dépourvu lors d'une intervention. Une clé plus large ou un insert modifié devrait voir le jour bientôt pour corriger ce petit défaut.

### 3.2.2.5 Autres inserts

En dehors des kits précédemment décrits, il existe d'autres inserts qui sont disponibles séparément. Ce sont généralement des variantes des inserts déjà cités. Ainsi les angulations changent, ou la granulométrie pour les inserts diamantés. Ces variantes permettent de mieux s'adapter, tant à la situation clinique, qu'au goût de l'opérateur.

L'utilisation d'inserts coudés, permettant de travailler avec un axe différent de celui du manche peut se révéler intéressante dans les secteurs difficiles d'accès, comme lors des prélèvements ramiques (Fig. 15).

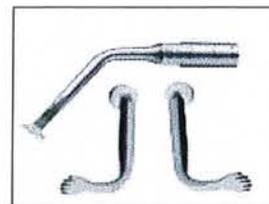


Figure 15 : Inserts BS 2 (SATELEC®)  
Droit et gauche.

Présent dès le départ dans les ensembles Satelec® et EMS®, ce type d'insert est présenté par Mectron® comme une nouveauté de sa gamme au salon de l'ADF 2006.

### 3.3 LA PIECE A MAIN

Elle se présente comme un détartreur conventionnel. Le manche est solidaire de la gaine contenant l'alimentation. C'est cet ensemble qui se sépare du générateur. Le tube d'irrigation est indépendant, mais vient se fixer à la base de la pièce à main. Il peut être dans certains cas solidarisé avec l'alimentation, pour plus d'ergonomie.

L'intérieur de la pièce à main est composé d'un empilement de pastilles piézoélectriques en titanate de baryum dont les propriétés piézoélectriques et la solidité sont compatibles avec cette utilisation. Lors de l'arrivée du courant alternatif de moyenne fréquence, les pastilles vibrent et transmettent leur énergie cinétique à l'insert placé l'extrémité du manche. La puissance ainsi délivrée peut atteindre 16 W, soit plus de cinq fois celle des détartreurs classiques qui possèdent une puissance de 2 W environ. **(Robiony et coll., 2004, [51])**

Contrairement aux pièces à main munies de fraises à os, les macrovibrations sont absentes au niveau du porte-insert piézoélectrique. Quant à la température, elle n'excède pas une trentaine de degrés (32°C, relevés chez SATELEC®) après 15 minutes d'utilisation, même à plein régime. Il est donc possible d'apprécier un certain confort à l'utilisation, que nous confirmons par nos essais personnels. **(Boioli et coll., 2005, [11])**

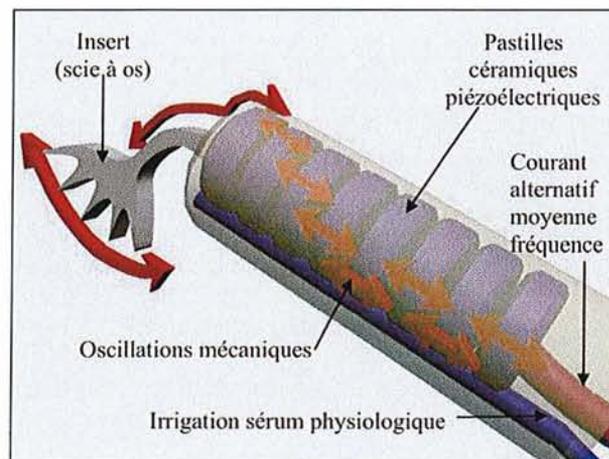


Figure 16 : Schéma en transparence de la pièce à main d'après Leclerc et Dohan, 2004 [37]

## 3.4 INSTALLATION ET ENTRETIEN

### 3.4.1 MISE EN PLACE

Elle est simple et s'apparente à celle des moteurs d'implantologie. L'appareil est branché sur secteur via un câble d'alimentation. La pédale et la pièce à main sont raccordées au générateur.

La potence, solidaire du socle, permet l'accrochage d'une poche ou bouteille de liquide d'irrigation.

Une ligne stérile, munie d'un tube en silicone, relie la poche de liquide à la pièce à main. Celui-ci est placé dans la pompe péristaltique dont le couvercle est refermé. Le bon fonctionnement du système d'irrigation peut alors être testé.

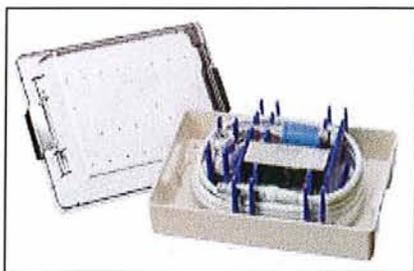
Enfin, l'insert choisi est mis en place à l'aide d'une clé dynamométrique donnant le serrage optimal.

### 3.4.2 NETTOYAGE, DECONTAMINATION

Le système est pourvu d'une fonction de nettoyage « CLEAN », qui permet la mise route d'un cycle pour le circuit hydraulique. Cette fonction doit être enclenchée dès la fin de l'utilisation de l'appareil avant toute autre manœuvre pour un premier rinçage des tubulures. La durée d'un cycle est de 20 secondes.

Les tubulures doivent ensuite, impérativement être rincées dans de l'eau déminéralisée chaude, afin d'éliminer toutes traces de sels. Ceux-ci peuvent endommager les tuyaux lors de leur cristallisation pendant la stérilisation. Cela est particulièrement vrai pour les parties en silicone. Nous rappellerons qu'un bon entretien, prolongera la durée de vie de l'instrument et évitera le remplacement précoce de pièces, souvent onéreuses.

Une fois le cycle automatique terminé et les rinçages effectués, on place les éléments dans un bac prévu pour l'autoclave, dans lequel on retrouvera (Fig. 17) :



- La pièce à main
- Les clés de serrage
- Le tube de la pompe
- Le raccord pour la pièce à main

Figure 17 : Bac de rangement Piézetome®

Les inserts quant à eux, sont rangés à part dans leurs présentoirs d'origine afin de choisir ceux nécessaires aux interventions futures. On évite ainsi des cycles de stérilisation qui fragilisent inutilement nos instruments.

L'ensemble est plongé dans une solution spécifique de décontamination pendant 15 minutes, de préférence à pH neutre. Après séchage, les instruments sont emballés sous double blister.

Enfin, il est possible de passer le tout dans l'autoclave pour un cycle « prion » (134°C pendant 18 minutes à 2 bars) qui respecte la norme d'élimination des ATNC et les recommandations sur la stérilisation des dispositifs médicaux à usage chirurgical. **(ISO-11134)**

Chaque modèle se base sur l'utilisation d'une ligne stérile à usage unique, sauf chez Mectron®. En effet, seule la partie allant de la poche d'irrigation à la pompe est jetable. A partir de la sortie de la pompe, un tube siliconé prend le relais jusqu'à la pièce à main. Bien entendu cette partie que l'on conserve est entièrement stérilisable avec le reste de la pièce à main.

## **4. EVALUATION DES PERFORMANCES**

### **4.1 EFFET DE COUPE**

#### **4.1.1 LARGEUR D'INCISION**

Plusieurs études ont été menées afin d'évaluer l'efficacité de la piézochirurgie vis-à-vis des techniques déjà connues, comme les fraises et les scies à oscillations. En 2001, une recherche effectuée sur des chiens, le docteur Vercellotti montre la finesse obtenue par la piézochirurgie par rapport à une fraise sur pièce à main. **(Vercellotti et coll., 2001, [61])**

Il est possible de mesurer l'amplitude des vibrations de chaque instrument. Les résultats apparaissent comme suit pour la vibration horizontale des différents instruments :

- **Scie oscillante : 100 à 200  $\mu\text{m}$**
- **Bistouri ultrasonore : 60 à 210 $\mu\text{m}$**
- **Fraise à os : 5000 à 1000  $\mu\text{m}$**

Il faut préciser qu'une vibration verticale entre 20 et 60  $\mu\text{m}$  accompagne l'insert piézoélectrique. **(Boioli et coll., 2005, [11])**

Cette faible amplitude, associée à un insert de petite taille (0,4mm) permet les traits de coupe les plus fins. On voit alors qu'un des points forts de ce nouvel instrument réside dans la finesse de l'incision, et donc la précision et l'économie tissulaire, qui seront autant de points positifs vis-à-vis des suites opératoires.

#### **4.1.2 EFFICACITE**

##### **4.1.2.1 Protocole**

En 2000, Khambay et Walmsley s'intéressent à l'efficacité de la coupe du bistouri ultrasonore. Le protocole expérimental mis au point permettait de mesurer différents paramètres :

- Les forces exercées selon deux axes : longiligne ou en pression
- La vitesse de progression
- Le meilleur angle d'attaque

L'os utilisé pour le test est de l'os d'origine bovine. Cinq opérateurs différents se prêtent aux premiers tests et une machine pour le dernier. En effet, celui-ci

implique le fait de garder un angle constant, exercice bien trop contraignant pour les cliniciens et qui pourrait vite devenir source d'erreurs. (Khambay et Walmsley, 2000 [33])

#### 4.1.2.2 Direction des forces

Cette étude a pour but d'évaluer la direction des forces qu'appliquent les praticiens avec chacun des instruments. Les résultats des graphiques montrent que les forces nécessaires à l'utilisation d'un instrument à ultrasons, sont divisées en deux composantes. Les mesures montrent en effet l'existence d'une force de type longitudinale, pratiquement absente avec une fraise, sauf pour un seul opérateur (Fig.18). Les forces en pression sont quant à elles identiques pour les deux instruments (Fig.19).

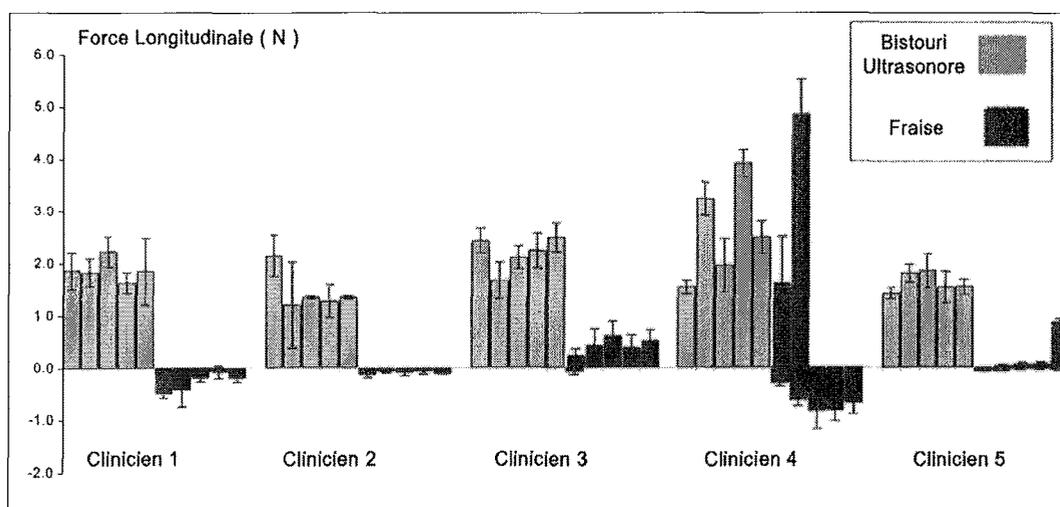


Figure 18 : Force longitudinale d'un bistouri ultrasonore et d'une fraise (écart types=1) d'après Khambay et Walmsley [33]

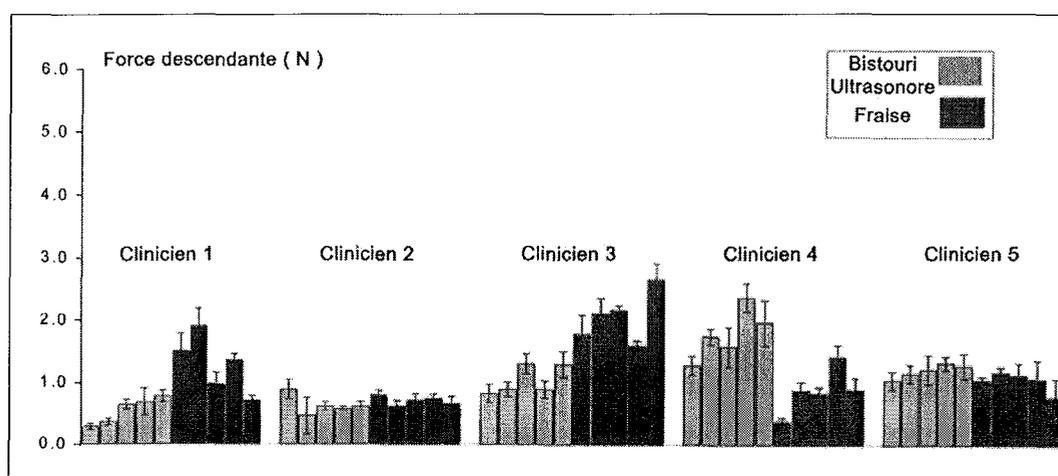


Figure 19 : Pression exercée par une fraise et un bistouri ultrasonore (écart types=1) d'après Khambay et Walmsley [33]

L'apparition d'une force longitudinale dans l'utilisation par les cliniciens rejoint les conseils d'utilisation des distributeurs ; la meilleure efficacité est obtenue dans des mouvements de va-et-vient.

Les différences de mesures entre praticiens montrent, comme le confirment les testeurs, que la maîtrise du bistouri piézoélectrique requiert un temps d'apprentissage et d'adaptation. (Boioli et coll., 2005, [11])

#### 4.1.2.3 Vitesse de progression

Si la prise de risque minimum et la précision sont les maîtres mots de l'exercice médical, il n'en est pas moins de la vitesse d'exécution des actes. Il faut en effet garder à l'esprit que plus une intervention est rapide, moindre sont les effets inflammatoires qui lui font suite. Toute nouvelle technique doit donc prendre en compte cette contrainte.

Khambay et Walmsley n'observent qu'un cas où l'opérateur est moins rapide avec une fraise qu'avec le bistouri ultrasonore, ce qui semble donc être l'exception (Fig. 20). (Khambay et Walmsley, 2000 [33])

Une autre étude montre une vitesse légèrement plus grande pour le Piezosurgery® par rapport à une scie à oscillations, mais cinq fois inférieure, comparée à une fraise de Lindmann. (Kotrikova et coll. 2006 [35])

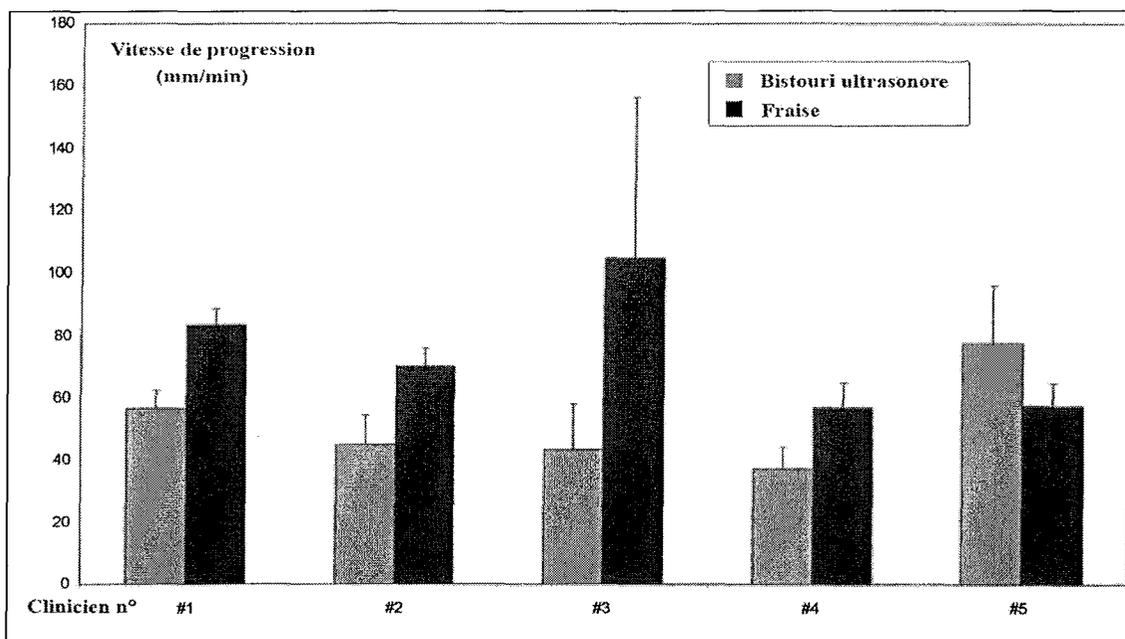


Figure 20 : Vitesse de progression pour chaque clinicien avec un bistouri ultrasonore et une pièce à main. (Écart types=1) d'après Khambay et Walmsley [33]

Dans une observation récente, le type d'os jouerait un rôle important sur la vitesse de coupe. **(Eggers et coll. 2004, [21])**

Cela n'est pas surprenant au vu des différences de minéralisation qui sont constatées entre les os de type I à IV **(classification de Lekholm et Zarb, 1988, [39])**.

L'étude semble montrer que la piézochirurgie est presque inefficace sur le type IV. Bien que surprenant au premier abord au vue de la faible résistance mécanique que présente cet os, ce résultat peut s'expliquer par le fait, que ce type d'os semble se comporter comme un tissu mou vis-à-vis des vibrations ultrasonores. **(Boioli et coll., 2005, [11])**

Par contre, si l'os de type I présente une minéralisation optimale vis-à-vis des inserts piézoélectriques, c'est sa dureté qui s'oppose à la progression de l'instrument.

Enfin, on remarque aussi que lors de prélèvements supérieurs à 3 mm, la coupe devient plus difficile et de ce fait plus lente. **(Eggers et coll. 2004, [21])**

Il semble donc que la vitesse ne soit pas le point fort de la piézochirurgie. **(Kotrikova et coll. 2006 [35])**

Pour minimiser ce défaut, Khambay et Walmsley se sont penchés sur l'influence de l'inclinaison entre l'insert et l'os.

Ils ont alors remarqué que celui-ci joue un rôle significatif sur la vitesse de coupe. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un angle compris entre 0 et 10° par rapport à la verticale. **(Khambay et Walmsley, 2000 [34])**

Il convient donc d'utiliser cet instrument dans cet intervalle d'inclinaison avec des mouvements longitudinaux de va-et-vient. Ce paramètre vient s'ajouter aux particularités de ce nouvel outil et de sa prise en main.

## 4.2 ELEVATION DE TEMPERATURE

Les vibrations de l'insert ultrasonore, sur une surface dure, sont sources d'une production calorifique non négligeable. Le contact avec l'os engendre donc un dégagement important de chaleur qui est néfaste aux tissus vivants. Ainsi, il est possible d'atteindre très rapidement, comme avec d'autres instruments mécaniques, des températures proches des 200°C sans système de refroidissement. **(Ark et coll., 1998, [4])**

Les tissus organiques ont quant à eux des limites de tolérance bien inférieures à de telles températures. Bien que l'os puisse supporter de très courts pics (3 s) jusqu'à 60°C, ce n'est pas sans dommage. Ainsi, il a été montré qu'une protéine enzymatique essentielle du tissu osseux, la phosphatase alcaline, est dénaturée à 53°C. **(Watcher et Stoll, 1991, [63])**

De même, les auteurs s'accordent sur la survenue de la nécrose osseuse, après une exposition d'une minute à 47°C et sur le réel problème en chirurgie qu'elle constitue. Elle est par exemple, un facteur majeur, dans les échecs en implantologie dentaire. **(Brisman, 1996, [13])**

La mise en d'un système de dispersion efficace de la chaleur, est indispensable au bon fonctionnement du dispositif, dès qu'il est question de travailler au niveau osseux.

## **4.3 IRRIGATION**

### **4.3.1 GENERALITES**

Elle a pour but de vaincre l'échauffement de l'insert et donc de préserver tissus vivants et insert d'une exposition prolongée à la chaleur. On a repris pour cela un système simple, avec une solution de sérum physiologique (solution saline à 0.9%) dont le débit est variable. Les études ont révélé des résultats probants à long terme et connus depuis longtemps.

En 1982, Krause et al. montrent que l'application à 60ml/min d'une telle solution, fait passer à 38°C, une température de 170°C sans irrigation pour des fraises à os. Les tissus sont donc à l'abri d'un coup de chaleur dû au fraisage. **(Ark et coll., 1998, [4])**

### **4.3.2 EVALUATION EN PIEZOCHIRURGIE**

Dans le domaine de la piézochirurgie, un groupe de praticiens s'est interrogé sur l'efficacité de ce système de refroidissement, en fonction du temps de travail et de la profondeur d'incision. **(Bourrel-Lucas et Cegarra-Marin, 2006, [12])**

Le système est testé sur de l'os bovin. Il en résulte que pour un temps allant jusqu'à 40 secondes d'utilisation et une profondeur de 7 mm d'os, le thermomètre reste sous les 40°C. L'élévation de température apparaît vraiment plus rapide, tout en restant encore acceptable, au-delà de 15s, à une profondeur de 10 mm. Une telle épaisseur d'os est rarement rencontrée dans la majeure partie des applications de la piézochirurgie au sein domaine dentaire. Force est de constater que le système de refroidissement choisi continue à faire ses preuves. **(Vercellotti et coll., 2001 [62])**

### 4.3.3 INFLUENCE SUR LE RENDEMENT

Si l'irrigation est un élément indispensable à la survie des tissus, il n'en reste pas moins qu'elle semble diminuer l'efficacité de coupe des instruments. En effet, d'après Ark et coll., le rendement d'une scie à oscillations serait réduit de 30% avec une solution saline à 0.9%. Il est comparé à une baisse de seulement 5% avec une solution de poloxamer-188 à 10% (Fig. 21). Le refroidissement des deux solutions est considéré comme équivalent (Fig. 22).

Le poloxamer-188 est un surfactant, utilisé dans le traitement de la drépanocytose. Selon les auteurs, ces résultats sont dus à la faible capacité lubrifiante du sérum par rapport au surfactant, d'où une élimination plus lente des débris de coupe qui gênent la progression de la lame. (Ark et coll., 1998, [4])

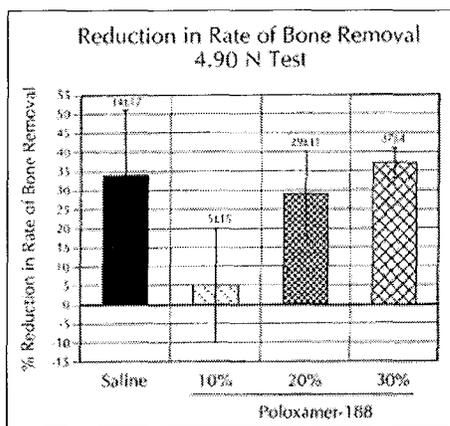


Figure 21 : Taux d'enlèvement osseux d'après Ark et coll. [4]

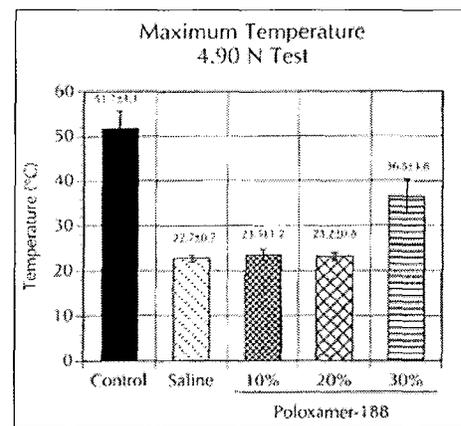


Figure 22 : Relevé de température maximale d'après Ark et coll. [4]

En ce qui concerne la piézochirurgie, bien qu'aucune étude n'ait été publiée, il semblerait, que les vibrations ultrasoniques de l'insert, associées à l'effet de cavitation, soient à même d'éliminer efficacement, tous les déchets produits par la coupe. La nature de l'irrigant n'entre donc pas en compte. L'irrigation par du sérum physiologique ne serait donc pas une entrave à l'efficacité de coupe du matériel piézoélectrique. (Brujan, 2004, [14])

## **4.4 REPOSE DU TISSUS OSSEUX**

### **4.4.1 GENERALITES**

#### **4.4.1.1 Définitions**

##### **4.4.1.1.1 Ostéo-conduction**

Un matériau est dit ostéo-conducteur lorsqu'il constitue une trame sur laquelle vont proliférer les cellules osseuses. Il favorise leur migration, mais n'engendre pas de formation osseuse, dans un endroit où physiologiquement, il ne serait pas formé. **(Banks, 1965 [5])**

##### **4.4.1.1.2 Ostéo-induction**

Il est dit d'un matériau qu'il est ostéo-inducteur si sa présence engendre la formation d'un volume osseux plus important, que celui qui se formerait physiologiquement. Sa présence permet la formation osseuse en un lieu, où il n'aurait pas dû se former. **(Banks, 1965 [5])**

##### **4.4.1.1.3 Ostéogénèse**

Un seul matériau est ostéogénique, c'est l'os autogène. Une greffe de cet os va voir une partie de ses cellules survivre, et s'incorporer au site receveur, pour contribuer avec lui, à sa réparation. **(Banks, 1965 [5])**

#### **4.4.1.2 Physiologie de la guérison du tissu osseux**

Afin de créer lors d'une intervention les conditions optimales à la guérison, il est indispensable de connaître les mécanismes de réparation des tissus concernés. En ce qui concerne le tissu osseux, on peut décomposer la guérison lors de fractures, en quatre phases. **(Sautier et coll., 1995 [52])**

##### **Phase inflammatoire : de 0 à 48 heures :**

Les lésions vasculaires dues à la blessure engendrent un hématome au sein duquel prolifèrent toutes les cellules de l'inflammation aboutissant au nettoyage de la plaie. L'os subit une nécrose superficielle. Les cellules conjonctives prolifèrent et forment une trame protéique.

### **Phase du cal fibreux : de la 48<sup>ème</sup> heure à la 3<sup>ème</sup> semaine :**

Les fibroblastes prolifèrent sur la trame protéique transformant l'hématome, en tissu fibreux. En périphérie du cal, les chondroblastes remplacent peu à peu les fibroblastes, et envahissent progressivement l'ensemble du cal fibreux.

### **Phase du cal osseux : de la 4<sup>ème</sup> semaine au 3<sup>ème</sup> mois :**

Le cal cartilagineux va peu à peu s'ossifier. Il apparaît d'une part une métaplasie des chondroblastes en ostéoblastes, et une prolifération ostéoblastique à partir de sources osseuses (périoste, endoste et os cortical). Le cal osseux est donc la réunion de trois cals : périosté, endosté et cortical. L'ensemble est peu organisé et forme l'os primaire.

### **Phase de remaniement : durée de 3 à 5 ans :**

C'est le cycle de remaniement en os secondaire, trabéculaire et cortical, avec l'équilibre entre les ostéoclastes formant les lacunes de Havers et l'apposition osseuse par les ostéoblastes.

Ces étapes ne sont valables que sous certaines conditions. En effet, on peut citer la nécessité d'un apport vasculaire suffisant ainsi que l'absence d'une mobilité trop importante. C'est ainsi que l'on constate, que les zones concernées ne doivent pas subir de contraintes mécaniques au delà d'une amplitude de 20µm, au risque de voir le cal demeurer fibreux. De plus, la métaplasie des chondroblastes en ostéoblastes nécessite une pression partielle en oxygène supérieure à 35%, d'où l'importance de la néo-vascularisation, bien en place à partir de la fin du 3<sup>ème</sup> mois. (Basset et Herrman, 1961 [7])

#### **4.4.1.3 Prélèvements osseux et survie cellulaire**

Lors d'un prélèvement de tissus, il est essentiel de savoir comment garder les éléments détachés du corps dans un état de survie compatible avec leur réimplantation. Dans le cas du tissu osseux, les cellules montrent un taux de survie de 95% pendant quatre heures dans du sérum physiologique. En chirurgie buccale, ce laps de temps est largement suffisant pour la mise en place sur le site receveur.

Un greffon ainsi placé, voit ses cellules survivre sur une épaisseur de 300µm, par rapport à une source vasculaire. Bien que ces trois cents microns semblent peu, il faut ramener ce chiffre à la taille des cellules ostéoblastiques (20-30µm), et à la surface de greffe. Chacun est alors à même de constater que cela représente un nombre important de cellules. (Rey, 1994, [50])

Les ostéoblastes vont s'intégrer aux cellules du site receveur, et participer avec elles, à la guérison du greffon (ostéogenèse). Le reste, soit la majeure partie des cellules contenues dans ce greffon, va périr. Cette partie du greffon se comporte alors comme un matériau :

**Ostéo-conducteur** : les cellules du site vont proliférer sur la trame collagénique.

**Ostéo-inducteur** : l'ostéoclasie des trabécules osseuses va libérer des substances ostéo-inductrices (Bone Morphogenic Proteins), qui activent la croissance du tissu osseux.

Il en ressort que le potentiel ostéogénique dépend essentiellement de la survie des cellules osseuses de la périphérie du greffon. Il apparaît donc nécessaire de préserver au maximum ces cellules en les protégeant, d'une exposition prolongée à l'extérieur de l'organisme, mais aussi des agressions des instruments de prélèvement. (**Chavanaz et coll., 1995 [16]**)

## 4.4.2 EVALUATION HISTOPHYSIOLOGIQUE

### 4.4.2.1 *Sur l'os dur*

Les effets de l'instrumentation ultrasonore vis-à-vis du tissu osseux, ont été évalués et comparés par rapport à d'autres méthodes de section de l'os : la fraise et le ciseau à os.

L'aspect de la surface osseuse, puis la vitalité cellulaire ont été observés et mis en relation avec la cicatrisation du tissu traité. (**Horton et al., 1975 [30]**)

#### **Etat de surface** :

Avec le ciseau à os, elle est irrégulière, et présente une légère séparation entre les lamelles osseuses. Celle-ci est plus accentuée au niveau des espaces adjacents à l'os trabéculaire.

Avec le bistouri ultrasonore, ces irrégularités sont plus remarquables encore. Les séparations entre lamelles osseuses sont plus marquées, allant jusqu'à montrer des communications évidentes avec les canaux haversiens. Celles-ci se montrent plus particulièrement nombreuses aux abords de la moelle osseuse. La microscopie électronique montre une surface accidentée qui est attribuée aux micromouvements vibratoires de l'insert (Fig. 23, p30).

Que se soit pour l'une ou l'autre de ces deux méthodes, aucune lame ne présente de brûlure à la surface de l'os.

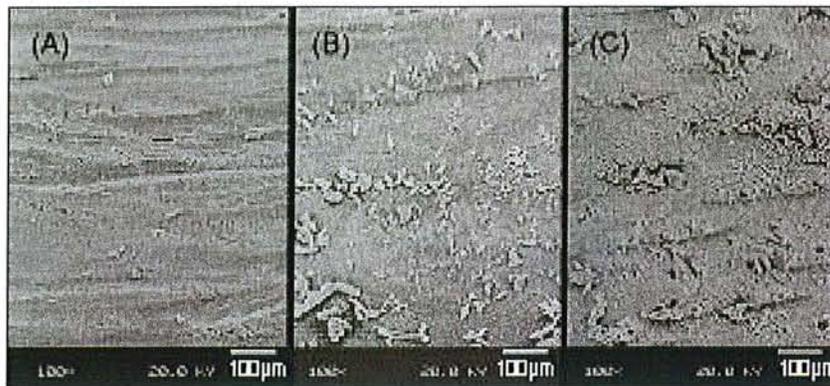


Figure 23 : Etat de la surface osseuse observée en microscopie électronique : (A) Piezosurgery; (B) Fraise de Lindmann; (C) Scie à oscillations. D'après Eggers et coll., 2004, [21]

Enfin, la fraise métallique quant à elle, laisse une surface très lisse. L'échantillon d'os ne présente pas ou très peu de séparation entre les lamelles osseuses. (HORTON et al., 1981 [60])

Les défauts créés par un ciseau à os ou un insert piézoélectrique, donnant un état de surface poreux dénué de plages exposées aux brûlures, semblent plus propices à la recolonisation par les cellules osseuses. La différence peut être observée sur des coupes histologiques en microscopie optique (Fig. 24).



Figure 24 : Coupe de tissu osseux après ostéotomie avec : (A) fraise à os ; (B) Scie à os ; (C) Piezosurgery® d'après fascicule Mectron®

### Cicatrisation du tissu :

Toujours d'après l'étude comparative de Horton et al (1975) sur la cicatrisation de défauts osseux faits à l'aide d'un ciseau à os, d'une fraise et d'une lame ultrasonore chez le chien, montre des différences dans l'organisation cellulaire selon l'instrument employé.

Les coupes histologiques montrent dans le cas du ciseau et de l'insert piézo, que le caillot sanguin est très vite remplacé (3 jours postopératoires) par un tissu fibreux. De nombreux ostéoclastes sont déjà présents sur le site, alors que pour le défaut induit par la fraise, il s'agit d'un infiltrat inflammatoire de polymorphonucléaires. Ceci peut s'expliquer par la destruction et la nécrose partielle des tissus, dues aux contraintes mécaniques, mais surtout thermiques, provoquées par la fraise.

L'arrivée des ostéoblastes, et la formation de tissu ostéoïde commencent vers le 7<sup>ème</sup> jour pour le ciseau et l'insert piézo contre 14 jours pour la fraise. Au fil du temps, les inégalités s'amenuisent, de telle sorte qu'à 90 jours après intervention, il n'est plus possible de distinguer l'instrument responsable du défaut de départ. **(Horton et al., 1981, [60])**

D'autres observations plus récentes, font état de l'absence d'ostéonécrose, lors d'incisions et de prélèvements, faits à l'aide du PIEZOSURGERY®. **(Leclerc et Dohan, 2004 [37])**

Le phénomène de nécrose de coagulation est lui aussi absent des observations cliniques. **(Robiony et coll., 2004, [51])**

Il est donc fréquent d'observer des ostéocytes vivants, dans une couche comprise entre 0 et 300 µm de l'incision avec ce type d'instrument. **(Rey, 1994, [50])**

La présence de ces cellules vivantes serait donc un point positif, à l'utilisation de la piézochirurgie, car elle augmenterait les chances de succès de la greffe grâce à la sauvegarde d'un potentiel ostéoformateur plus important. Bien qu'appréciées à l'échelle microscopique, ces différences et leur répercussion sur les suites opératoires n'ont pas encore été démontrée du point de vue clinique.

#### **4.4.2.2 Sur broyat osseux**

Après avoir constaté les résultats, plutôt positifs, de la piézochirurgie sur une pièce osseuse solide, il est intéressant de regarder ce qu'il advient lors d'un prélèvement sous forme de copeaux ou « chips ». Ce type de collecte est intéressant dans le remplissage de certains défauts, comme les comblements sinusiens, les expansions de crête par la méthode de « split crest » ou la R.O.G. On peut utiliser cet os pur ou mélangé à des biomatériaux.

Les copeaux osseux sont récoltés l'aide d'un filtre à os (ex : BoneTrap®) monté sur une aspiration. Cette méthode est aussi utilisée lorsqu'on incise l'os pour récupérer les débris de fraisage. Si cela n'est pas suffisant, il est possible de racler l'os en surface pour obtenir des copeaux supplémentaires. Ceci peut être réalisé à la fraise ou avec un insert piézo spécifique en forme de racloir. Il s'agit donc de voir comment se comportent les tissus avec chaque méthode.

L'utilisation une fraise multi-lames est préférée à une fraise diamantée qui ne donne pas suffisamment de copeaux et des débris trop fins. Des observations, in vitro, font état d'une contamination par la poussière métallique lors de l'utilisation d'une fraise. Ces particules seraient à l'origine de changements dans la structure de l'os et ont un effet toxique sur la vitalité des cellules. De plus, il faut rappeler la tendance aux élévations de températures préjudiciables à la vitalité des cellules et à l'intégrité des protéines matricielles avec une pièce à main classique, ce qui n'est pas le cas de la piézochirurgie. **(Hobkirk et Rusiniak, 1978 [28])**

Après cette brève évaluation de la vitalité du tissu récolté, l'intérêt est porté sur l'analyse morphométrique des copeaux générés. Il n'est pas ici question de granulométrie comme pour les biomatériaux, mais de taille des copeaux. Une étude de Chiriac et al. montre la différence de répartition des tailles selon l'instrument utilisé (Fig. 23). (Chiriac et al. 2005, [17])

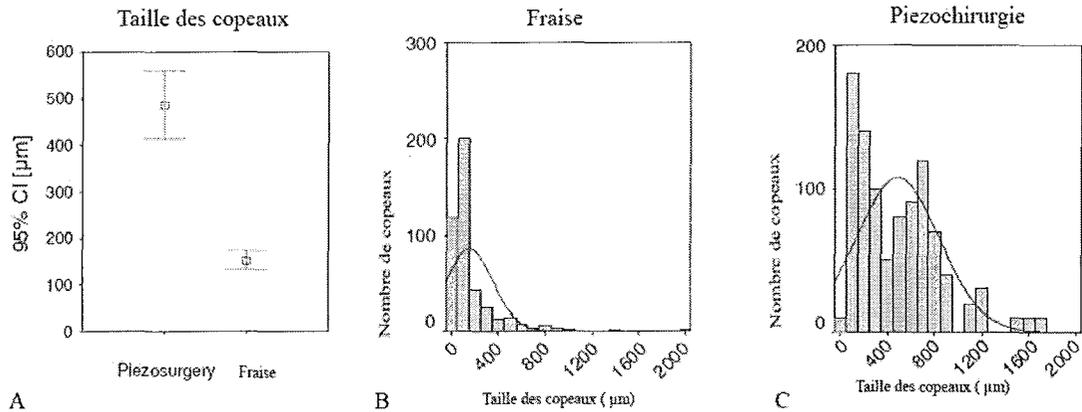


Figure 25 : (A) Barre d'erreur de la taille des copeaux dans les deux groupes (intervalle de confiance 95%). (B) Histogramme de la taille des copeaux : Piezosurgery® (µm). (C) Histogramme de la taille des copeaux : Fraise sur pièce à main. (µm) d'après Chiriac et al. (2005, [17])

Une étude menée chez le singe, a mis en évidence la facilité d'élimination par les macrophages, des particules dont la taille était inférieure à 126µm. Tout penchait alors vers une meilleure intégration pour les particules plus volumineuses, donnant ainsi un point positif à la piézochirurgie, toutefois la taille optimale des copeaux a été évaluée entre 100 et 300µm. (Shapoff et coll., 1980, [54])

Comme les deux instruments produisent des copeaux se situant dans cet intervalle, mais en proportions différentes, des études comparatives ont été menées sur la prolifération cellulaire in vitro. Bien qu'une étude in vitro ne puisse pas reproduire toutes les interactions complexes du vivant, elle permet de donner des résultats souvent significatifs. C'est ainsi qu'il a été démontré que la prolifération cellulaire est exempte de disparité, entre une fraise sur pièce à main et un insert piézo. (Chiriac et al. 2005, [17])

## **5. UTILISATION CLINIQUE EN ODONTOLOGIE**

### **5.1 UN NOUVEL INSTRUMENT**

S'il est connu depuis une vingtaine d'année, ce sont seulement les progrès récents en termes d'alliage pour les inserts, et d'efficacité pour les pastilles de céramiques piézoélectriques, que le bistouri piézoélectrique est revenu au goût du jour. C'est donc un nouvel instrument qui se trouve à notre disposition, et dont la manipulation est à passer en revue.

Lors de son usage, sa réactivité diffère des fraises montées sur pièce à main conventionnelle. Son emploi nécessite donc un temps d'adaptation, qui est décrit unanimement par les cliniciens qui l'ont essayé. En effet, les cliniciens l'ayant testé mentionnent les sensations tactiles comme différentes et ressenties, en générale, comme plus précises. Le contrôle des gestes semble mieux maîtrisé, ce qui représente un avantage certain pour le praticien.

De plus, la vision du champ opératoire est changée par la présence du brouillard de cavitation par rapport à une irrigation standard. **(Rey, 1994, [49])**

Avant toute utilisation dans le cadre d'une thérapeutique, il paraît donc indispensable de s'entraîner sur divers supports. Ceux-ci vont des restes d'animaux, pour l'ostéotomie, à la coquille d'œuf pour s'exercer au soulevé de la membrane sinusienne. **(Lambrecht, 2004, [36])**

Ces exercices sont abondamment montrés dans les expositions dentaires sur les stands des fabricants qui proposent parfois un stage complet pour l'achat d'un appareil.

### **5.2 CHIRURGIE ENDODONTIQUE**

#### **5.2.1 INDICATIONS**

La piézochirurgie permet de réaliser des résections apicales, quand les traitements canalaires par voie coronaire ne suffisent pas. Il est possible de réaliser, soit une simple résection de l'apex avec reprise de traitement canalair préalable, soit d'accompagner celle-ci d'une obturation rétrograde.

## 5.2.2 TECHNIQUE OPERATOIRE

La technique suit le même protocole qu'une résection apicale classique. Après anesthésie par infiltration de la muqueuse, un volet muco-périosté est tout d'abord levé sur le site d'intervention.

Ensuite, la surface osseuse en regard du tiers apical de la racine concernée est entamée avec un insert à ostéoplastie jusqu'à exposition du tissu inflammatoire (Fig. 26). La séparation entre le tissu de granulation et la paroi osseuse est réalisée à l'aide des inserts élévateurs. Ce geste est grandement facilité par les oscillations ultrasonores qui permettent le clivage entre deux interfaces de dureté différente (Fig. 27).

Le tiers apical de la racine est alors réséqué à l'aide d'une fraise fissure montée sur pièce à main puisque le bistouri ultrasonore est inefficace sur la dentine (Fig. 28). (Banks, 1965, [5])

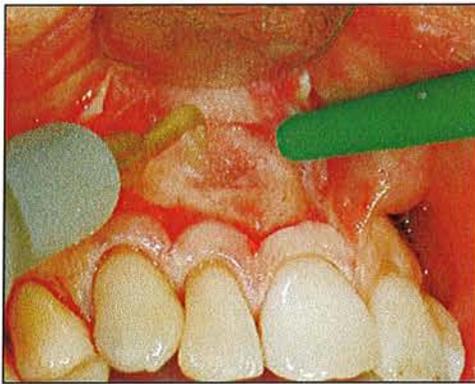


Figure 26 : Ostéotomie d'accès avec l'insert OP 3 d'après Mectron® [68]

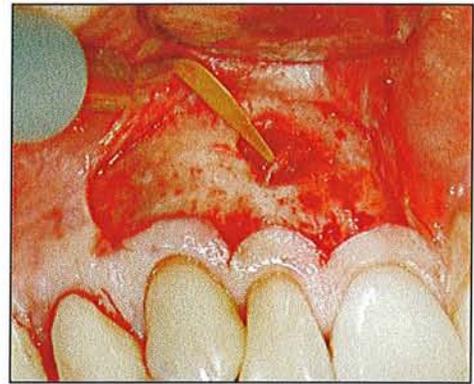


Figure 28 : Ablation du tissu inflammatoire d'après Mectron® [68]



Figure 27 : Champ opératoire exempt de sang d'après Mectron® [68]



Figure 29 : Obturation retrograde d'après Mectron® [68]



**Figure 30 : Fermeture apical de la racine d'après Mectron® [68]**



**Figure 31 : Radiographie pré-opératoire puis contrôle à 3 mois d'après Mectron® [68]**

A ce stade, la réalisation d'une obturation à retro avec le générateur réglé sur un mode plus lent (« Low ») est envisageable. Cette opération est rendue plus aisée grâce à l'effet de cavitation qui permet d'obtenir un champ opératoire quasi exempt de saignement. Le canal radiculaire est alors moins sujet à une contamination par le sang (Fig. 29). Le MTA ou un hydroxyde de calcium (ex : IRM®) peuvent être utilisés comme matériau d'obturation (Fig. 30).

Le site peut alors être comblé ou non d'un matériau de substitution osseuse puis suturé. Pour certains cas où la lésion est importante, soit par la taille, soit par l'existence d'une atteinte parodontale simultanée, certains auteurs envisagent l'utilisation de la Régénération Tissulaire Guidée, afin d'obtenir une meilleure cicatrisation osseuse. (YOSHIKAWA G et coll., 2002, [65]) La guérison de la lésion est contrôlée radiologiquement (Fig. 31).

### 5.2.3 APPORT DE LA PIEZOCHIRURGIE

La faible épaisseur de la paroi osseuse rencontrée, en regard des lésions péri-apicales, ne constitue pas un obstacle qui ralentit significativement le bistouri ultrasonore. L'énucléation kystique ou l'ablation du tissu de granulation est généralement décrite comme rapide grâce aux propriétés de clivage. L'utilisation de cet instrument paraît équivalente à celle d'une fraise concernant l'accès au site, avec une protection des tissus et une économie tissulaire en plus.

Toutefois, la chirurgie endodontique fait toujours appel à la résection d'une partie de la racine dentaire nécessitant le recours à une fraise en complément. De plus les accès aux apex sont rarement très contraignants vis-à-vis des tissus mous, alors largement hors d'une atteinte fortuite.

La piézo-chirurgie nous semble donc plus intéressante dans les cas où la chirurgie endodontique fait appel à une obturation rétrograde, où elle offre un champ opératoire moins sujet à la contamination par le sang, que dans les résections apicales avec reprise de traitement endodontique préalable, où elle se surajoute quasi inutilement à la fraise.

## 5.3 THERAPEUTIQUE ET CHIRURGIE PARODONTALE

### 5.3.1 INTRODUCTION

Après le diagnostic d'une maladie parodontale, le début du traitement est commun quelque soit la nature de l'atteinte parodontale. Cette première approche est appelée : phase étiologique. Elle regroupe le contrôle de plaque supra-gingival, le détartrage et souvent le détartrage-surfçage sous-gingival.

Les signes cliniques qui suivent une phase étiologique comportant détartrage et surfçage sont une amélioration des conditions gingivales et une diminution de la profondeur des poches. A long terme, les auteurs décrivent une réduction de l'indice de saignement, bien que celui-ci puisse rester élevé dans les zones de furcations et proximales. Ces résultats sont observables à trois mois et prolongés avec des séances de maintenance (**Cugini et al., 2000 [19]**). Ce délai de trois mois est donc souhaitable pour pratiquer une réévaluation et poser l'indication du traitement chirurgical.

Lorsque le traitement étiologique est insuffisant pour garantir un arrêt de la maladie parodontale, il est possible de passer à un traitement chirurgical. L'objectif de cette chirurgie est de recréer des conditions compatibles avec la santé parodontale. Ces conditions se rapportent essentiellement à l'anatomie gingivale et osseuse des sites concernés (**Mattout et al., 2003 [43]**). Afin d'atteindre ce but, il est possible de procéder de deux façons en fonction de la situation clinique :

**Par soustraction** : on essaie de retrouver une anatomie favorable à la santé parodontale. L'intervention concerne les tissus gingivaux et les tissus osseux.

**Par addition** : on souhaite régénérer une partie du parodonte détruit par la maladie.

Chaque étape du traitement parodontal peut avoir recours à un appareil de piézochirurgie. Bien que beaucoup de fauteuils dentaires soient équipés d'un détartréur intégré, les générateurs d'ultrasons destinés à la piézochirurgie sont tous pourvus d'un réglage de puissance et de débit identique à un détartréur classique. Certains verront ici un argument commercial ou un double emploi, d'autres, une solution de secours en cas de dysfonctionnement de leur générateur habituel.

En ce qui concerne la chirurgie, les techniques classiques peuvent être réalisées en piézochirurgie. Couplée à une fréquence appropriée, la large gamme d'embouts est à l'image de la diversité des interventions que l'on peut envisager :

- Surfaçage radiculaire à l'aide d'inserts diamantés à granulométrie fine
- Débridement des poches à l'aide d'inserts mousses
- Ostéoplastie avec des inserts diamantés à granulométrie importante
- Allongement coronaire
- Comblement par prélèvement d'os autogène avec les inserts racleurs

De nombreuses études ont montrées une efficacité comparable entre les instruments manuels et ultrasoniques pour les surfaçages radiculaires. Selon certains auteurs, les ultrasons pourraient provoquer des changements dans la composition de la plaque, voire même ruptures des parois bactériennes. Enfin l'accès aux zones difficiles comme les furcations serait plus aisé. **(Mattout et al. 2003, [43])**

Enfin, si les débridements font intervenir les propriétés de clivage des ultrasons, c'est dans le domaine de la chirurgie osseuse que le bistouri ultrasonore trouve son emploi principal.

### 5.3.2 CHIRURGIE DE SOUSTRACTION

Si la réévaluation après traitement étiologique ne correspond pas aux attentes, le praticien peut passer à une phase chirurgicale de nettoyage et de remodelage osseux. Pour réaliser un lambeau d'assainissement, l'incision et le décollement en épaisseur totale sont effectués avec l'instrumentation manuelle classique. Il est entendu que la piézochirurgie est inactive sur les tissus mous. Une fois ceux-ci réclinés, on accède à l'os et aux surfaces radiculaires.

Le surfaçage est pratiqué avec le bistouri piézoélectrique muni d'un insert spécifique à grain fin (PS1). Les traitements sonores et ultrasonores ont déjà fait leurs preuves avec des résultats probants dans le traitement des affections parodontales. Le tartre et les tissus infiltrés de bactéries sont ainsi éliminés. **(Loos et coll., 1987, [41])**

Les lésions inflammatoires sont alors clivées avec un insert spécifique puis éliminées avec une curette. L'os alvéolaire se trouve ainsi nettoyé de tout contaminant. Il est alors temps de redonner au parodonte une anatomie compatible avec la santé parodontale.

L'objectif de la chirurgie parodontale est de permettre à nouveau un nettoyage physiologique et prophylactique. Pour ce faire les interventions visent à supprimer les poches profondes ou niches écologiques favorisant l'expansion d'une flore parodontale pathogène. Globalement, la chirurgie osseuse résectrice rassemble les bénéfices thérapeutiques de l'ostéoplastie et ostéoectomie. **(Mattout et al. 2003 [43])**

Le relief osseux est donc corrigé par une ostéoplastie à l'aide des inserts diamantés (OP5). Leur diversité permet un accès facile aux différentes zones du site, favorisant ainsi le remodelage, puis une élimination des débris osseux.

Enfin, un dernier insert permet le polissage des racines améliorant les suites opératoires. Le site peut être rincé avec un antiseptique ou non, puis suturé sans tension. Les tissus gingivaux sont replacés plus apicalement (Siervo et coll., 2004, [55]).

La piézochirurgie remplace ici les instruments rotatifs, assurant une protection des tissus avoisinants, et une ostéotomie moins agressive vis-à-vis du tissu osseux. Cette chirurgie résectrice peut bien entendu s'étendre à l'ablation des tori et excroissances osseuses, mais aucun cas n'est répertorié à l'heure actuelle dans la littérature.

### 5.3.3 CHIRURGIE PAR ADDITION

Lors de la mise en place d'un plan de traitement parodontal, il est nécessaire d'évaluer la réponse tissulaire du patient. Quand elle est satisfaisante, elle rend envisageable des soins de restauration du parodonte avec une plus grande chance de succès. C'est donc plutôt dans ce contexte qu'il est possible de s'orienter vers la chirurgie par addition pour tenter de récupérer ce qui a été détruit par la maladie.

La démarche est identique que pour la chirurgie par soustraction, et passe par la prophylaxie et le débridement des poches (Fig. 32). Toutefois au lieu de diminuer le support osseux par ostéoplastie, le praticien procède au comblement du défaut osseux. Deux possibilités se présentent, le défaut est rempli soit avec un biomatériau, soit avec de l'os autogène.



Figure 32 : Poche infra-osseuse à trois murs après curetage du tissu de granulation. D'après Boioli et coll., 2004[10]



Figure 33 : Prélèvement de copeaux à proximité du défaut. D'après Boioli et coll., 2004 [10]

Dans le second cas, les copeaux osseux sont prélevés près du site d'intervention, profitant du lambeau qui a été levé pour l'assainissement. Un insert spécifique en forme de racleur est dédié à ce type de prélèvement qui semble, selon l'auteur, plus facile qu'avec une fraise (Fig.33). Lors de nos premiers essais (in vitro et cliniques) de plusieurs modèles différents de générateur, nous avons constaté que les copeaux

récoltés sont de grande taille et facilement récupérables sans faire forcément appel à un filtre à os. Toutefois la collecte et la fabrication de ces copeaux n'a pas été aisée, peut-être par un manque d'accommodation à cette nouvelle instrumentation.

Une fois les copeaux récoltés, ils sont placés puis foulés dans le défaut osseux (Fig. 34 et 35). Le site est enfin suturé. **(Boioli et coll., 2004 [10])**

L'utilisation des membranes de recouvrement est possible et sera abordée plus en détails dans le chapitre consacré à la régénération osseuse guidée.

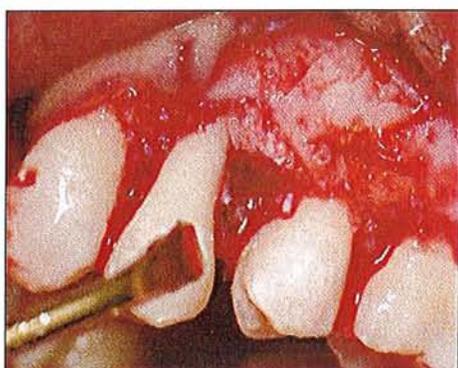


Figure 34 : Remplissage à l'aide des copeaux récoltés. D'après Boioli et coll., 2004 [10]



Figure 35 : Copeaux placés dans le défaut osseux avant fermeture du site. D'après Boioli et coll., 2004 [10]

La piézochirurgie permet donc de remplacer la fraise multi-lames dans le prélèvement d'os autologue. Bien que l'utilisation des ultrasons soit montrée comme moins délétère vis-à-vis des cellules du tissu osseux, aucune étude clinique publiée à ce jour ne met en évidence une différence significative des résultats post-opératoires.

## 5.4 CHIRURGIE EXODONTIQUE

L'avulsion dentaire est en général un geste simple, que chaque praticien peut effectuer à son cabinet. Les instruments manuels sont nombreux et bien adaptés dans les cas classiques. Toutefois certains gestes se compliquent par :

- Des caractères d'ordre général : diabète, immunodépression, anticoagulants....
- Des particularités locales : dents incluses, ectopiques, ankylosés, à proximité de structures fragiles, extraction en vue d'implantation immédiate...

Les protocoles de prise en charge des affections d'ordre général restent inchangés en ce qui concerne l'utilisation de la piézochirurgie. Elle peut par contre nous venir en aide dans certains cas particuliers que nous allons envisager plus loin.

## 5.4.1 AVULSION DENTAIRE

L'utilisation du bistouri ultrasonore, pour les avulsions dentaires, présente de nombreux avantages. Comme nous l'avons vu précédemment lors des tests (cf. 4.1.1, p.28), cet instrument offre une finesse de coupe appréciable et permet de tracer des tranchées étroites et donc peu délabrantes, dans l'os alvéolaire. La découpe de fenêtres osseuses est envisageable, dans le cadre de l'ablation de racines résiduelles ou d'éléments kystiques. **(Leclerc et Dohan, 2004 [37])**

Les inserts prévus pour la mobilisation sont inspirés des élévateurs de Deppler ou Bein. Ils permettent une pénétration précautionneuse, en profondeur le long de l'espace parodontal, entre la racine et l'os alvéolaire. Le geste est réalisé par des mouvements progressifs de tamponnement. En outre, les vibrations ultrasonores favorisent la rupture des interfaces solides. C'est en se dispersant dans le ligament parodontal, dans les zones de contact entre dent et os, ou au niveau de toutes les interfaces de densité différente, que ces vibrations permettent un clivage peu traumatique et donc une syndesmotomie aisée.

La perte d'os engendrée par cet acte n'est que de 1 à 1,5 mm d'épaisseur d'os alvéolaire. Le risque de voir se fracturer la paroi alvéolaire est faible. L'objectif est d'affaiblir la paroi de l'os, il n'est pas question de faire des mouvements d'élévation avec les inserts. Le support amoindri permettra l'avulsion en douceur de la dent en dehors de son alvéole. **(Lambrecht, 2004, [36])**

Il en ressort que la piézochirurgie est particulièrement bien adaptée au cas des dents ankylosées, où elle va permettre une intervention moins délabrante. Il en sera de même pour les cas où l'implantation immédiate est envisagée. En effet, les tissus avoisinants sont préservés ainsi qu'un maximum d'os alvéolaire. De plus, des inserts différents sont utilisables pour la préparation finale du site implantaire. **(Leclerc et Dohan, 2004, [37])**

A l'inverse, son utilisation dans des avulsions ne présentant pas de caractère particulier semble plutôt être un investissement de temps et de matériel qui ne se trouve pas justifié.

### 5.4.1.1 Cas Cliniques.

Nous aborderons ici deux exemples, le premier tiré d'un cas présentés par Stubinger et coll. en 2005, dans le journal de chirurgie orale et maxillo-faciale, le second, réalisé dans le service d'odontologie du CHU de Nancy.

#### 5.4.1.1.1 Exemple de récupération d'une racine résiduelle

Il s'agit du cas, d'une patiente de 48 ans souffrant d'une douleur continue du côté gauche de la mandibule. L'examen radiologique et l'anamnèse ont fait état de la présence de la racine mésial de 46, à proximité du nerf dentaire, ayant été laissée 30 ans auparavant lors de l'avulsion du reste de la dent. Une récupération a déjà envisagée avec une instrumentation conventionnelle mais fut ensuite abandonnée vis-à-vis du risque de lésion du nerf dentaire. En raison de la gêne toujours croissante

durant les dix années après cette première tentative, la patiente s'est décidée pour un second essai avec la piézochirurgie (Fig. 36).

**Figure 36 :** Ci-contre une fenêtre osseuse réalisée avec des inserts piézoélectriques à ostéotomie, mettant en évidence la racine résiduelle d'une 46 en rapport de proximité intime avec le nerf alvéolaire. D'après Stubinger et coll., 2005 [56]

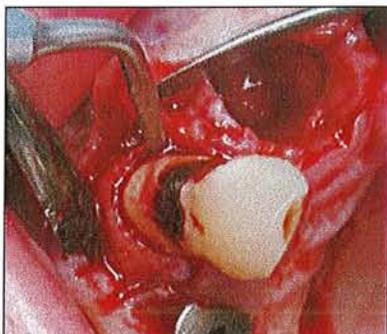


Un insert en forme de scie a été utilisé pour le début de l'incision dans cet os dense, puis il a été changé pour un insert diamanté. L'innocuité de la piézochirurgie vis-à-vis des tissus mous a permis dans ce cas, de découper une fenêtre osseuse en regard du fragment à récupérer, avec un risque faible de lésion du nerf alvéolaire. (Stubinger et coll., 2005 [56])

#### **5.4.1.1.2 Exemple d'avulsion de canines en vue d'implantation – Chirurgie réalisée par Mlle Sourdodot (CHU - Nancy)**

Les deux canines maxillaires doivent être extraites pour raisons carieuses, en conservant un maximum d'os cortical en vue de l'implantation future. L'adhérence souvent rencontrée entre la racine et l'os vestibulaire lors des avulsions déjà pratiquées au niveau mandibulaire, oriente vers l'utilisation d'un insert piézoélectrique.

Après une anesthésie locale et la levée d'un lambeau, l'insert est difficilement inséré dans l'espace ligamentaire de la 13. La tranchée réalisée par l'insert est très fine (Fig.37). Après un long travail autour de la dent, son avulsion a lieu et une petite partie de l'os cortical cède (2mm dans le sens coronno-apical). L'observation de la dent extraite montre que l'insert a endommagé une partie de la racine et qu'une partie de la corticale est intimement liée à la dent (Fig.38). L'avulsion de la dent 23 est réalisée de la même façon mais sans atteinte de la racine par l'insert.



**Figure 37 :** Trait de coupe autour de la dent 13.



**Figure 38 : A gauche la dent n°13  
attaquée par l'insert, à droite la dent  
n°23, intacte.**

L'utilisation de l'insert piézoélectrique a permis de conserver une plus grande quantité d'os alvéolaire mais au prix d'un temps d'intervention bien plus important. En outre, les lésions retrouvées sur la partie radiculaire de la dent montre que l'instrument est tout de même actif sur le tissu dentaire avec d'une usure forte de l'insert et d'une vitesse de coupe incompatible avec la section complète d'une racine.

#### **5.4.2 CAS D'UNE DENT DE SAGESSE**

L'avulsion des dents de sagesse devient un acte de plus en plus pratiqué, que ce soit dans le cadre des traitements d'orthodontie ou suite à des défauts de positionnement qui ne permettront pas leur évolution correcte. La difficulté réside dans une grande diversité quant à la position de la dent dans l'espace et ses relations avec d'autres éléments anatomiques. Ainsi, elles sont souvent incluses et nécessite donc que l'on dégage de façon plus ou moins importante l'os alvéolaire adjacent. De même, elles peuvent être en relation étroite avec le nerf mandibulaire ( $V_3$ ). Pour le dégagement osseux, il est possible d'utiliser une fraise ou un insert piézoélectrique.

Nonobstant une vitesse d'ostéotomie moins importante que la fraise, la piézochirurgie apporte à l'opérateur une sécurité vis-à-vis des tissus avoisinants. Son utilisation se justifie plutôt dans des cas où, soit l'accès à la dent est plus difficile, soit ses rapports avec le nerf dentaire sont étroits. En effet, il est rapporté que le dégagement du nerf dentaire inférieur est facilité avec les inserts piézo adéquats. La pratique des avulsions plus délicates s'effectue donc en diminuant le risque de lésion du nerf. Les résultats sont pour le moment très encourageants et équivalents du point de vue des suites opératoires, à l'utilisation de l'instrumentation conventionnelle. **(Banks, 1965 [5])**

Toutefois, il est important de rappeler que le bistouri ultrasonore n'est pas en mesure de couper les tissus dentaires. Il en découle que si une séparation de racines est envisagée, il faut avoir recours à une fraise comme nous l'avons déjà précisé pour les résections apicales. Une grande quantité de matériel est alors utilisée. Il est donc important de bien évaluer la nécessité d'utiliser la piézochirurgie et de la réserver à des situations où ses avantages sont essentiels à la réussite de l'intervention.

## 5.4.3 CAS D'UNE CANINE INCLUSE

### 5.4.3.1 Introduction

Les canines occupent une place importante dans l'établissement de la denture et dans l'occlusion. En effet elles assurent le désengrènement des dents lors des mouvements de latéralités. Leur absence sur l'arcade maxillaire est souvent due à leur inclusion plutôt qu'à une agénésie. Leur rôle primordial pousse les thérapeutes à mettre en place des traitements orthodontiques afin de les faire évoluer sur l'arcade.

Pour que cela soit possible, il est nécessaire de placer un ancrage sur la dent concernée. La traction sera alors réalisable par un dispositif orthodontique. L'accès à la dent peut se faire à l'aide d'une fraise sur pièce à main ou à l'aide d'un insert piézo.

### 5.4.3.2 Technique opératoire

L'intervention est débutée après une anesthésie locale en palatin près de la canine incluse. Prévoir une anesthésie générale n'est pas exclu en fonction de la situation de la dent en question et de l'état du patient tant sur le plan physique que psychologique. En effet, les patients concernés par ce type d'intervention sont pour la plupart des adolescents.

Un lambeau muco-périosté palatin est récliné après des incisions généralement intrasulculaires (Fig. 39). Un insert diamanté (OT5) est utilisé pour dégager la paroi osseuse fermant l'accès à la couronne (Fig. 40). Il est ensuite remplacé par un insert lisse, qui est placé dans l'espace péri-coronnaire afin de dégager le sac folliculaire (Fig. 39). L'ensemble du sac est ôté et la couronne devient accessible au collage d'un ancrage à sa surface.

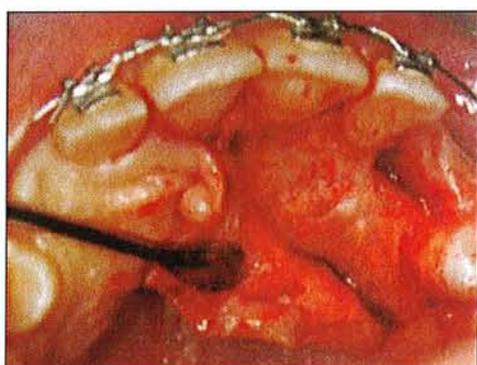


Figure 39 : Levée du lambeau mucopériosté. D'après Grenga et Bovi, 2000 [26]

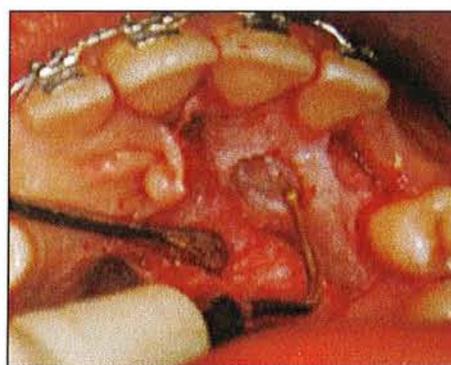
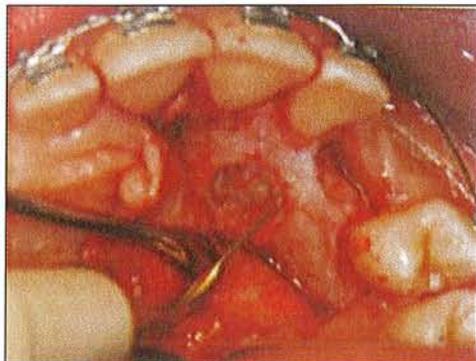


Figure 40 : Dégagement de la paroi osseuse couvrant la canine. D'après Grenga et Bovi, 2000 [26]

Une fois la couronne entièrement dégagée de son contour osseux, elle se présente recouverte de son follicule (Fig. 41). L'ablation du sac folliculaire est décrite comme très aisée comme dans le cadre de la chirurgie endodontique grâce au phénomène de clivage (Fig.42).



**Figure 41 : Mise en évidence de la couronne. D'après Grenga et Bovi, 2000 [26]**



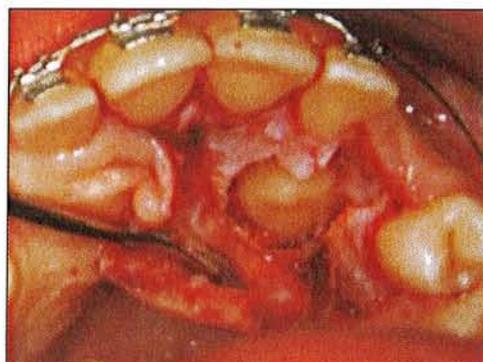
**Figure 42 : Ablation du sac folliculaire. D'après Grenga et Bovi, 2000 [26]**

Avant la mise en place de la fixation, il est possible de créer un canal guide à travers l'os alvéolaire qui pourra faciliter le mouvement de la dent durant son repositionnement orthodontique. Cette ostéotomie est pratiquée avec des inserts diamantés gros grains (Fig. 43).

Une fois ce tunnel réalisé (Fig. 44), l'ancrage est fixé à l'aide d'une colle sur l'émail. La difficulté, d'avoir un champ opératoire compatible avec un collage, est grandement réduite. L'effet de cavitation a bien rempli son rôle, laissant une surface pratiquement exsangue au niveau du site opératoire. L'obtention d'une surface sèche au niveau de la couronne est alors plus aisée



**Figure 43 : Création du tunnel osseux. D'après Grenga et Bovi, 2000 [26]**



**Figure 44 : Tunnel terminé D'après Grenga et Bovi, 2000 [26]**

Enfin, le fil de traction est relié au dispositif orthodontique déjà en place. Les berges sont suturées laissant dépasser le fil tracteur par un tunnel muqueux.

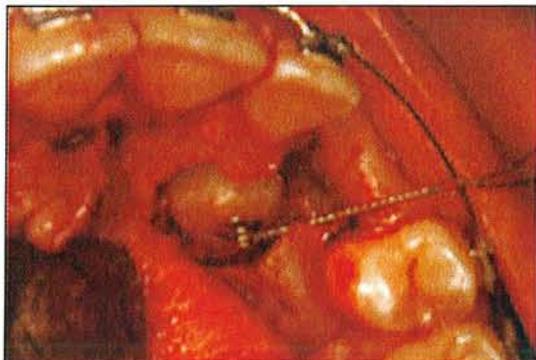


Figure 45 : Attache orthodontique scélée et reliée à l'appareil multi-attache pour la traction. [26]

La piézochirurgie est décrite ici comme offrant les avantages d'une intervention précise, d'un collage facilité et d'une grande rapidité dans l'ablation du sac folliculaire, ce qui compense, d'après les auteurs, amplement son manque de célérité lors de l'ostéotomie. (Grenga et Bovi, 2000, [26])

## **6. UTILISATION EN CHIRURGIE IMPLANTAIRE**

### **6.1 DEPOSE D'IMPLANTS**

#### **6.1.1 INDICATIONS**

De plus en plus performante, l'implantologie nous offre sans cesse de nouvelles solutions thérapeutiques. Il arrive toutefois que la pose d'un implant ne soit pas une réussite. La plupart des échecs sont dus à une mauvaise intégration de l'implant, soit par sa perte suite à un rejet ou une infection, soit par une fibro-intégration. Dans ces deux cas de figure, le retrait de l'implant est aisé, car ni un tissu de granulation, ni un tissu fibreux n'offre une résistance importante.

Il reste une dernière situation où l'on juge qu'un implant doit être retiré : c'est lorsqu'il est dans une position inadaptée. En effet, on peut se rendre compte qu'il est inexploitable du point de vue prothétique ou qu'il engendre un déficit esthétique majeur. C'est ce que l'on nomme un implant ectopique, qui trouve en générale son origine dans une mauvaise préparation du traitement global. Il donc indispensable de choisir la position des implants en fonction du traitement prothétique, finalité de la réhabilitation esthétique et fonctionnelle, afin que ceux-ci soit exploitables.

La difficulté d'intervenir sur un implant ectopique vient alors du fait que l'implant est ostéointégré. Son avulsion par des mouvements de flexion ou torsion est difficilement envisageable. En effet, il est décrit qu'un implant ostéointégré résiste à des forces de l'ordre de  $90 \text{ N.cm}^{-2}$  dans ce type de mouvements. A partir de ce seuil, le métal constitutif de l'implant commence lui, à se déformer. La dépose d'une telle structure est donc particulièrement délicate par le risque élevé de fracture des parois osseuses péri-implantaires pendant la manœuvre. L'enlèvement d'une partie de l'os intimement lié à l'implant, peut aboutir à un préjudice esthétique, ou compromettre une future implantation dans la zone concernée.

Le bistouri à ultrasons offre une solution intéressante face à cette situation. Deux propriétés sont particulièrement appréciées car elles permettent de gérer efficacement les difficultés : le clivage des interfaces solides, la micro abrasion.

#### **6.1.2 TECHNIQUE OPERATOIRE**

Tout d'abord, une anesthésie est effectuée dans la zone concernée et suivie par le décollement d'un lambeau de pleine épaisseur. L'os ainsi bien dégagé permet la réalisation de deux fines tranchées par micro-abrasion à l'aide d'un insert diamanté (Fig. 46, p.47).



Figure 46 : Tracé des tranchées de part et d'autre de l'implant. D'après Chavanaaz et coll., 1995 [18]

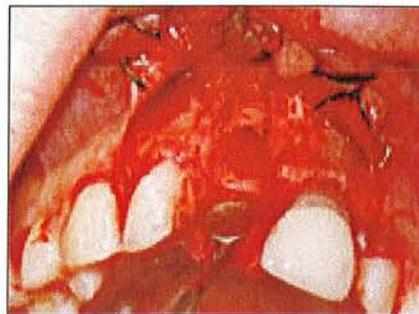


Figure 47 : Site osseux après dépose de l'implant. D'après Chavanaaz et coll., 1995 [18]

C'est de cette façon que de la souplesse est créée au niveau des parois osseuses. Les vibrations ultrasonores favorisent le clivage des interfaces solides facilitant la séparation entre l'os et l'implant. La phase d'extraction proprement dite peut débuter, mais nécessite tout de même l'application de forces de tension conséquentes, sur l'implant et les tissus qui y sont accrochés. Une fois l'implant déposé, le site peut être comblé ou non, puis suturé (Fig.47).

Le geste bien que facilité par l'emploi du bistouri ultrasonore, demeure délicat et requiert une parfaite maîtrise de toutes les étapes pour rester à l'abri d'une lésion osseuse trop étendue. L'avantage majeur est celui de l'économie tissulaire dans l'optique d'éviter un préjudice esthétique et de permettre une réimplantation adéquate. (Chavanaaz et coll., 1995 [18])

## 6.2 GESTION DU TISSU OSSEUX PERI-IMPLANTAIRE

### 6.2.1 INTRODUCTION

L'implantologie dentaire est devenue, depuis son entrée dans l'ère de la dentisterie moderne, une excellente solution de traitement pour le remplacement des dents perdues. Elle constitue non seulement une alternative conservatrice et esthétique dans le traitement des édentements partiels, mais permet aussi d'établir des fondations solides dans le cadre de la réhabilitation prothétique des édentements totaux. (Woo et Le, 2004, [64])

Toutefois, lorsque les patients présentent des défauts osseux importants aux niveaux des crêtes, l'implantologie directe est compromise. En effet, suite à un édentement de longue date, l'os alvéolaire a perdu son volume. Les crêtes résiduelles s'amoindrissent après la perte des dents et les sinus maxillaires accélèrent leur pneumatisation. C'est pourquoi les cliniciens se sont tournés vers la remise en état de ces zones affaiblies, pour permettre la pose d'implants. Le recours à des greffes osseuses est envisageable pour augmenter le volume des futurs sites implantaire mais aussi à d'autres techniques, comme la distraction alvéolaire ou la régénération osseuse guidée (R.O.G).

Aujourd'hui, le recul clinique permet de confirmer la stabilité à long terme des éléments ostéointégrés, dans des zones ayant été augmentées. Leur comportement est identique à celui des implants placés dans l'os non régénéré. (Buser et coll., 2002 [15])

Nous allons donc aborder les diverses méthodes de reconstruction osseuse et la contribution de la piézochirurgie dans leur réalisation.

## 6.2.2 REGENERATION OSSEUSE GUIDEE

### 6.2.2.1 *Principe biologique*

Toute extraction dentaire entraîne une résorption physiologique de la crête osseuse alvéolaire avec une cicatrisation de deuxième intention du fait de l'éloignement des bords de la plaie. Ce processus de cicatrisation comprend quatre phases: l'exsudation, la résorption, la prolifération, la réparation. Il dépend essentiellement de la formation du caillot sanguin à partir des vaisseaux lésés du rebord alvéolaire.

Progressivement, ce caillot laisse la place à un tissu de granulation, alors qu'au fond de l'alvéole commence la reconstruction osseuse (Schroeder, 1987). Cette réparation est effective entre six et huit semaines. La résorption peut s'accompagner de pertes de substances plus importantes dans un certain nombre de circonstances.

La R.O.G. repose sur le principe de sélection cellulaire qui permet la néoformation osseuse. Elle dérive de la régénération tissulaire guidée appliquée au tissu osseux. La technique consiste en la protection d'un caillot sanguin, autour d'un défaut osseux, par une membrane. Celle-ci a pour objectif de bloquer la migration des cellules conjonctives, dont la prolifération est très rapide, afin de permettre la différenciation des progéniteurs de cellules osseuses, en ostéoblastes. Ces derniers vont alors former la trame du tissu ostéoïde, qui se minéralisera par la suite en os primaire.

### 6.2.2.2 *Indications*

En implantologie, cette technique est utilisée pour augmenter le volume osseux dans certaines conditions (Mattout et coll., 2003, [45]) :

**En phase pré implantaire** : le gain osseux peut alors atteindre 4 mm en largeur et 3 mm en vertical. Si la quantité d'os à régénérer est plus importante, il faut faire appel à une autre technique.

**En phase per implantaire** : lorsque le positionnement prothétique optimal de l'implant laisse des déhiscences ou des fenestrations ou lorsqu'on implante dans une alvéole après avulsion.

**En post opératoire** : dans le cas d'une perte osseuse suite à une péri-implantite.

### **6.2.2.3 Technique chirurgicale**

La réalisation d'une incision de la muqueuse et le décollement d'un lambeau mettent en évidence le défaut à restaurer. Certains auteurs préconisent une incision décalée, d'autres préfèrent le milieu de la crête édentée. Une membrane est alors mise en place après perforation de la corticale osseuse et insertion d'une vis de soutien. La membrane est ensuite adaptée à l'os puis ancrée par des vis de fixation ou des miniclous. Enfin, le lambeau est repositionné puis suturé pour obtenir la fermeture du site chirurgical.

Il est à remarquer qu'un greffon d'os autogène ou un biomatériau peut être adjoint à la vis de soutien soit pour améliorer le maintien de l'ensemble, soit pour combler un défaut important. (**Mattout et coll., 2003, [43]**)

La piézochirurgie peut jouer un rôle dans le prélèvement d'un greffon, ou lors de la stimulation endostée par perforations de la corticale. L'un comme l'autre sont réalisables à la fraise ou à l'insert piézoélectrique.

## **6.2.3 EXPANSION DE CRETE**

### **6.2.3.1 Introduction**

Ce que nous nommerons ici, comme expansion de crête, est la technique de fracture en bois vert, appelée aussi « split crest » ou « bone splitting » en anglais. Ce procédé consiste à séparer la corticale osseuse vestibulaire de la corticale osseuse palatine ou linguale, dans le cas où l'épaisseur de la crête osseuse s'avère insuffisante pour la pose d'un implant. Il fait appel à la mise en place simultanée d'implants. (**Vercellotti et coll., 2001 [71]**)

### **6.2.3.2 Indications**

Si les greffes d'apposition permettent de corriger le manque d'os, elles ne permettent que rarement la pose d'implant dans le même temps chirurgical. En effet, ces méthodes requièrent un temps de cicatrisation osseuse suffisant avant la préparation du site par des forets implantaires, d'où la nécessité de deux interventions. De plus, cette période d'ossification est longue et montre une tendance à la diminution de la qualité et la quantité d'os. (**Basa, 2004, [6]**)

En ce qui concerne la R.O.G, si le temps est favorable à la reformation osseuse, il est d'autant plus long pour obtenir une qualité d'os compatible avec l'implantologie. Comme décrit précédemment, la taille de l'augmentation est limitée (4x3mm) et parfois impossible à obtenir dans le sens vertical. (**Mattout et coll., 2003, [43]**)

L'expansion de crête trouve son intérêt chez des patients dont les crêtes sont d'une hauteur suffisante mais minces, d'une épaisseur inférieure à 5 mm. Dans ces

cas, la pose d'implant standard de 3,75 mm de diamètre est contre indiquée. En effet, les tables osseuses vestibulaires et linguales doivent présenter une épaisseur minimale de 1 mm. **(Boioli et coll., 2004 [10])**

En ce qui concerne les secteurs postérieurs mandibulaires, si l'épaisseur de la crête permet la pose d'implants d'un diamètre de 3,5mm, le « split-crest » permet la pose d'implant d'un diamètre allant jusqu'à 5 mm. **(Blus et Szumukler-Moncler, 2006 [9])**

#### ☺ Avantages :

Le principal atout est la réduction du temps de traitement. Les implants sont posés dans le même temps chirurgical.

L'intervention ne nécessite pas la gestion d'un site de prélèvement.

#### ☹ Inconvénients :

Selon certains auteurs, le choix du site est essentiel et limite l'intervention à des secteurs étendus laissant suffisamment d'élasticité aux parois osseuses. **(Vercellotti, 2000, [60])** Cette technique présente aussi un risque de fracture important des parois osseuses pouvant aboutir à l'échec du traitement implantaire et se doit d'être réservée à des situation cliniques précises. **(Basas, 2004, [6])**

Le taux de succès à 5 ans est rapporté à 86%, soit légèrement moins que les greffes osseuses. **(Engelke et coll., 1997, [22])**

### **6.2.3.3 Technique clinique**

L'épaisseur de la crête et la position des implants sont déterminées par un examen radiologique et tomodensitométrie.

Une anesthésie locale est pratiquée au niveau du site concerné, puis l'incision commence au sommet de la crête. Elle se prolonge dans le sulcus des dents adjacentes, puis est suivie d'incisions de décharge en mésial et en distal. Le décollement se fait en épaisseur totale au sommet de la crête, puis il se poursuit alors en épaisseur partielle, jusqu'au fond du vestibule. Ce lambeau permet de garder le périoste dans son intégrité sur les murs osseux vestibulaire et lingual, favorisant la vascularisation du site. En outre, il permet la mise à nu de la crête, avec une bonne visibilité et une excellente mobilité, qui rendra possible la réalisation de sutures sans tension en fin d'intervention (Fig.48, p.51). La chirurgie osseuse peut alors commencer. **(Vercellotti, 2000, [60])**

Le sommet de la crête est nivelé, à l'aide d'un insert diamanté, afin d'obtenir une surface et une épaisseur régulière (Fig.49, p.51). Une incision est alors réalisée longitudinalement, au milieu de ce sommet avec un premier insert piézoélectrique (Fig.50, p.51). Ce trait est ensuite accompagné en vestibulaire, de deux incisions de décharge verticales (Fig.51, p.51). Celles-ci s'entendent sur 5 mm de longueur et apportent une bonne élasticité au mur osseux vestibulaire. Deux inserts coupants, plus

longs et d'épaisseur réduite, sont utilisés successivement pour approfondir l'incision crestale, afin d'obtenir une meilleur élasticité du pan osseux vestibulaire (Fig.52).

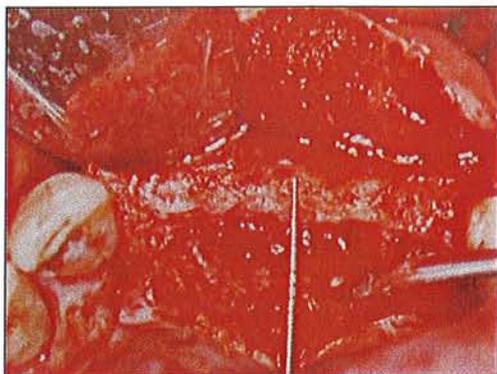


Figure 48 : Crête édentée en début d'intervention. L'épaisseur crestale est mesurée avec une sonde parodontale entre 2,2 et 2,8 mm. D'après Vercellotti, 2000 [60]

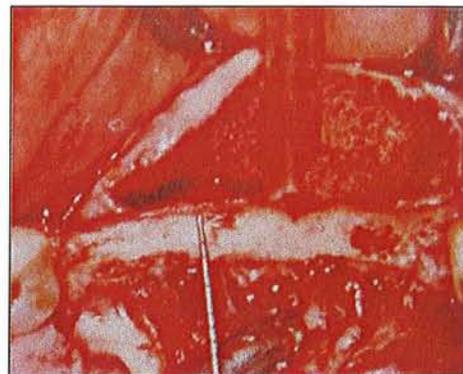


Figure 49 : Crête édentée après une légère ostéoplastie pour niveler la surface. Le lambeau, d'épaisseur totale au début, passe en épaisseur partielle pour maintenir l'intégrité du périoste sur les murs osseux palatin et vestibulaire. D'après Vercellotti, 2000 [60]



Figure 50 : Vue laterale sur laquelle on voit le lambeau mixte ainsi que le périoste recouvrant la corticale vestibulaire. Un scalpel ultrasonore est utilisé pour ouvrir la crête sur son sommet. D'après Vercellotti, 2000 [60]



Figure 51 : L'incision principale au centre de crête est accompagnée de deux incisions de décharge, un mésiale, une distale. on peut remarquer la finesse du trait de coupe. D'après Vercellotti, 2000 [60]



Figure 52 : La crête après l'utilisation d'un second insert piézoélectrique : le mur cortical vestibulaire a été séparé du palatin suivant la technique du volet osseux. D'après Vercellotti, 2000 [60]

Le site implantaire est préparé avec des forets pilotes, et un ostéotome piézoélectrique, de trois millimètres de diamètre, sur la partie la plus profonde de la crête et en palatin (Fig.53). Cette préparation a pour objectif garantir la stabilité primaire des implants, mais aussi d'obtenir un simple maintient des deux pans osseux sans fenestration ou déhiscence (Fig.54 et 55).

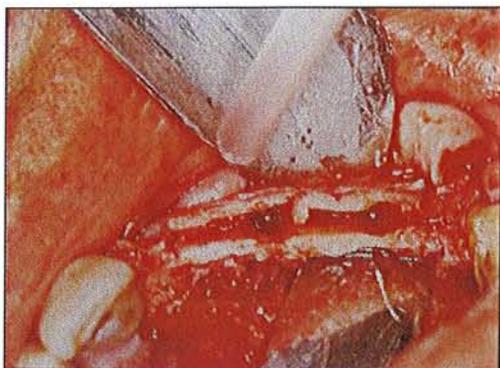


Figure 53 : Sites implantaires créés avec un foret 2 mm suivi d'un ostéotome piézoélectrique. D'après Vercellotti, 2000 [60]



Figure 54 : Vue supérieure de la crête élargie après mise en place des implants. D'après Vercellotti, 2000 [60]



Figure 55 : Vue de face des implants : on remarque l'intégrité du mur osseux vestibulaire, sans déhiscence ni fenestration. D'après Vercellotti, 2000 [60]

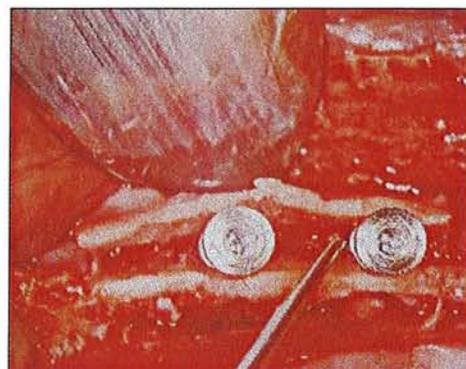


Figure 56 : Vue de la crête dont les deux volets sont maintenus par les implants. Un insert piézoélectrique est utilisé pour créer de petits trous dans les corticales vestibulaire et palatine afin de favoriser le saignement dans le site chirurgical. D'après Vercellotti, 2000 [60]

Une fois les fixtures en place, un insert pointu est utilisé dans les murs osseux pour une stimulation endostée (Fig. 56). L'espace créé par l'expansion entre les deux pans osseux, laissé libre après l'implantation, est alors comblé par un mélange de biomatériaux, type bio-verres, et d'un coagulum osseux (Fig.57, p.53). Cet os autogène est prélevé, à distance du site, avec l'insert racleur (OP1) prévu pour la collecte de copeaux.

Le site est alors recouvert PRP (Platelet Rich Plasma), puis parfaitement suturé pour assurer l'herméticité de l'ensemble (Fig.58). Il en découle que les implants sont enfouis, et nécessiteront une seconde phase chirurgicale pour leur exposition, 16 semaines plus tard. (Vercellotti, 2000, [60])

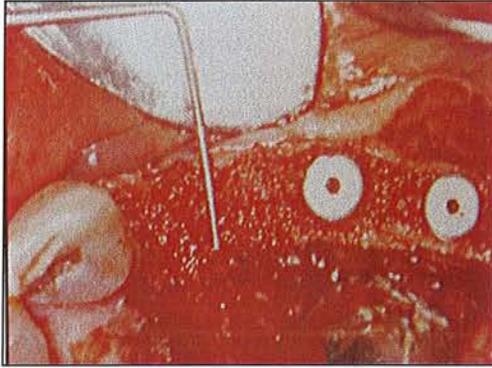


Figure 57 : Les implants sont en place et le site est rempli avec le mélange d'os et de matériau, puis foulé. D'après Vercellotti, 2000 [60]



Figure 58 : La crête est recouverte d'une membrane de PRP. D'après Vercellotti, 2000 [60]

Lors de la seconde intervention visant à mettre en fonction les implants, l'épaisseur de crête obtenue peut être évaluée. Une bonne cicatrisation muqueuse est constatée, puis une excellente minéralisation des matériaux de comblement et des implants stables (Fig.59 et 60).



Figure 59 : Aspect de la crête après trois mois. On devine les implants en position vestibulaire. D'après Vercellotti, 2000 [60]

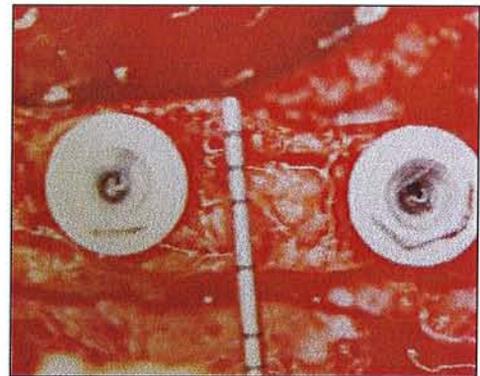


Figure 60 : Vue de la crête dont l'épaisseur est stabilisée à 5 mm avec une bonne minéralisation des matériaux de comblement. La consistance est acceptable et les implants stables. D'après Vercellotti, 2000 [60]

Nous remarquons toutefois par comparaison entre les photos 58 et 60, une résorption importante des parois osseuses, tout particulièrement sur l'implant de droite. L'épaisseur de 5 mm est aussi mesurée au point le plus épais de la crête.

### **6.2.3.4 Apport de la piézochirurgie**

Une technique similaire pour l'expansion de crête a déjà été décrite par Summers. (**Summers, 1994, [57]**) L'accès au site est identique. Par contre, on utilise, à la place d'un insert ultrasonore, une scie à oscillation ou un disque diamanté sur pièce à main, pour couper la crête dans sa longueur, puis des ostéotomes manuels pour écarter les berges.

Bien que peu invasive, cette instrumentation ne permet pas la gestion d'os très minéralisés (type I ou II). En effet, les ostéotomes manuels utilisés, sont responsables de fractures des parois osseuses. On aboutit alors à des déhiscences ou à la perte de stabilité primaire des implants. (**Vercellotti, 2000 [60]**)

Selon Vercellotti, 2000, il semblerait que les incisions à l'aide d'ultrasons laissent une élasticité suffisante même à l'os très dense. Le risque de fracture est significativement moindre.

La piézochirurgie est donc un élément qui autorise l'expansion de crête par « split crest » avec implantation immédiate, dans des conditions où elle était contre-indiquée auparavant. Cette nouvelle instrumentation représente donc, un gain de facilité dans l'exécution de ce geste chirurgical, tout en élargissant son champ d'application.

(**Vercellotti, 2000 [60]**)

Cet avis très positif de l'équipe du Dr Vercellotti s'appuie sur la présentation d'un seul cas. De plus, il est à rappeler que c'est cette même équipe qui a travaillé sur la mise au point du Piezosurgery®.

Une étude récente s'appuyant sur 230 cas, suivis sur trois ans, nous permet d'avoir des résultats statistiquement fiables. (**Blus et Szumukler-Moncler, 2006 [9]**) D'après ces résultats, certains implants ne peuvent être placés suite à des fractures de la paroi interne de la table osseuse (1%). Une autre partie des implants ne passent pas la phase d'ostéo-intégration (3,5%). Le taux de succès des implants intégrés et mis en charge pendant 3 ans est de 95,6% et les résultats sont meilleurs dans les secteurs postérieurs et à la mandibule.

Le taux de succès avoisine celui des implants posés dans les conditions optimales et fait de la technique de « split-crest » en piézochirurgie, une méthode prédictible. L'accent est mis sur une absence complète de brûlures au niveau des traits de coupe osseux, même profond (1,2mm), la préservation des tissus mous, l'implantation immédiate. (**Blus et Szumukler-Moncler, 2006 [9]**)

## **6.2.4 DISTRACTION ALVEOLAIRE**

### **6.2.4.1 Introduction**

L'ostéogénèse par distraction repose sur la propriété dont dispose un cal osseux, à s'allonger sous l'effet d'une force de tension. Cette technique a vu le jour au début du XX<sup>ème</sup> siècle, dans le cadre d'allongement du fémur. (Codivilla, 1905) Elle a ensuite évolué des os longs vers la mandibule puis l'os alvéolaire. Elle permet ainsi,

d'augmenter le volume osseux dans le cadre d'une chirurgie pré-implantaire. (**Block et coll.1996 [8]**)

La distraction de l'os alvéolaire est une technique qui consiste à sectionner un morceau d'os, et de le relier au reste du squelette par un extenseur, dans le but de former un cal osseux. Une fois le cal formé entre les deux parties osseuses, le distracteur est activé, afin d'exercer les forces de tension nécessaires à son allongement. Le mouvement est progressif et contrôlé.

#### **6.2.4.2 Indications**

La distraction alvéolaire a pour objectif de permettre la pose d'implants, et une réhabilitation esthétique de la zone concernée. Elle est intéressante dans les cas perte osseuse verticale sévère de causes diverses, rendant impossible l'implantation :

- Traumatisme facial ayant entraîné la perte d'un bloc alvéolo-dentaire
- Résection tumorale mandibulaire ou maxillaire
- Parodontite sévère
- Avulsion dentaire ayant entraîné une perte d'os importante
- Malformation congénitale (osseuses, agénésie...)

Elle trouve aussi sa place dans l'augmentation de la hauteur de crête pour autoriser la mise en place d'implants plus longs. Les implants de plus grande taille, semblent mieux se comporter sur le long terme. En effet, sur une période de trois ans, les échecs à la mandibule sont sept fois plus fréquents avec des implants courts (7 mm) qu'avec des implants longs (au moins 10 mm). (**Friberg et coll., 1991, [24]**)

Néanmoins, à la mandibule, les rapports de proximité avec le nerf dentaire, fonctions de l'importance de la résorption osseuse, peuvent constituer un facteur limitant pouvant contre-indiquer le recours à ce procédé. (**Paranque et coll., 2004, [46]**)

Enfin, il faut préciser que l'augmentation ne peut se faire que dans un sens avec un axe unique. (**Block et coll.1996 [8]**) Les distracteurs avec deux axes commencent à voir le jour mais sont très encombrants.

#### ☺ **Avantages :**

Suivant sa localisation, cette chirurgie peut se faire sous anesthésie locale ne nécessitant pas l'hospitalisation. La fermeture du site ne pose pas les problèmes rencontrés lors de la couverture d'un greffon de grande taille. En effet, le faible volume de la partie interne du dispositif, ne requiert pas de traction excessive sur le lambeau, laissant le site proche des conditions de départ. En outre, les tissus mous suivent le mouvement d'allongement.

On note également la possibilité d'un gain de hauteur important sans recours à un site de prélèvement autologue. La distraction peut être suivie d'une greffe autogène pour

la correction d'un défaut d'épaisseur ou s'effectuer sur un greffon placé antérieurement.

Enfin l'os obtenu avec une distraction est de l'os primaire qui suit une ossification par le centre du cal. Il n'est pas noté de résorption sur le segment déplacé. L'ensemble permettra la pose d'implants endo-osseux classiques. (**Block et coll.1996 [8]**)

#### ⊗ **Inconvénients** :

Tout d'abord, il faut prendre en compte le temps de la procédure qui s'étale sur plusieurs semaines, pendant lesquelles le port du dispositif n'est pas sans conséquences. En effet, la taille globale de certains distracteurs représente un encombrement non négligeable, qui peut être la source de difficultés dans la vie quotidienne pour l'alimentation ou la phonation. De plus, l'hygiène quotidienne semble difficile à maintenir à cause de la vis d'activation transmuqueuse.

Ensuite, cette technique inclus dans tous les cas une seconde chirurgie pour la dépose de l'appareil, ce qui débouche sur un impact psychologique non négligeable sur le patient porteur du dispositif. Il faut ajouter à cela les visites régulières chez le praticien pour l'activation du dispositif.

Enfin, si les régions antérieures sont plus faciles d'accès pour le chirurgien, l'impact esthétique et psychologique n'est pas des moindres pour le patient puisqu'on peut rarement cacher le dispositif par une prothèse transitoire.

### **6.2.4.3 Procédure chirurgicale**

Nous illustrons ici une distraction alvéolaire, faite par le Dr Vercellotti, à l'aide du Piezosurgery®. Il s'agit de la pose d'un distracteur type Martin®, suite à la perte des quatre incisives maxillaires ayant entraîné une perte osseuse importante.

L'anesthésie peut être locale suivant l'étendue de la lésion, mais une anesthésie générale est préférée afin de diminuer le traumatisme psychologique pour le patient. L'incision se fait au niveau du fond de vestibule, en regard du site opératoire. Les décharges ne sont réalisées qu'en l'absence d'élasticité suffisante du tissu gingival pour un bon accès visuel au défaut osseux. (**Paranque et coll., 2004, [46]**)

Le décollement du lambeau doit permettre une visibilité correcte de la zone, tout en préservant au maximum l'apport vasculo-nerveux, ici, au niveau du pédicule palatin. La première incision osseuse est effectuée avec un insert à ostéotomie (OT6) dans le sens horizontal. Elle est ensuite complétée de part et d'autre, par deux traits de coupe verticaux jusqu'au sommet de la crête (Fig.61, p.57).



Figure 61 : Incisions osseuses d'après Vercellotti [68]

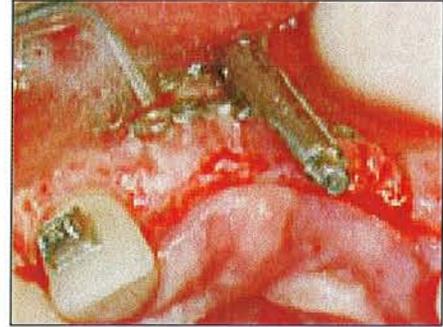


Figure 62 : Fin de l'ostéotomie avec distracteur en place, d'après Vercellotti [68]

Le bistouri ultrasonore permet, pendant cette phase, une parfaite maîtrise de la profondeur de coupe. Cette propriété, conjuguée à son innocuité sur les tissus mous, offre un gage de sécurité vis-à-vis de la muqueuse palatine et du pédicule naso-palatin. En outre, le bloc osseux formé est libéré sans avoir recours à un ciseau à os (Fig.62).

Le distracteur est en place est actionné afin de valider la direction et la liberté de mouvement du dispositif (Fig.63). Il est ensuite repositionné et les traits d'ostéotomies sont comblés avec des copeaux osseux prélevés avec l'insert racleur (Fig.64). Le lambeau est alors repositionné puis suturé sans tension, laissant dépasser la vis d'activation.

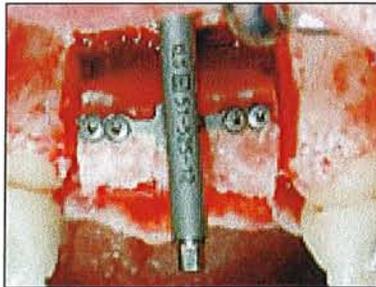


Figure 63 : Validation de la liberté de mouvement du bloc osseux, d'après Vercellotti [68]

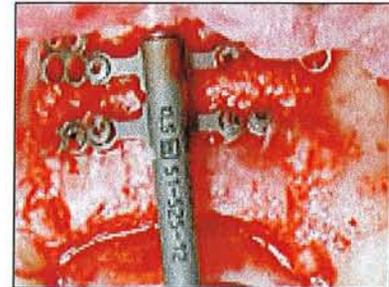


Figure 64 : Distracteur en position de départ, comblement des traits d'ostéotomie, d'après Vercellotti [68]

Les fils sont déposés après un délai de cicatrisation de huit jours et l'activation peut débuter à raison de 0,9 mm par jour pendant six jours. Le dispositif est alors laissé en place pour une durée de contention classique de huit semaines. (Paranque et coll., 2004, [46])

#### 6.2.4.4 Intérêts de la piézochirurgie

L'instrumentation ultrasonore remplace avantageusement d'autres instruments lors de cette intervention.

La scie à oscillations, bien qu'inoffensive sur les tissus mous, ne permet pas le contrôle de la profondeur de coupe.

Le disque diamanté sur pièce à main, peut être muni d'un cache protecteur très apprécié dans les zones postérieure vis-à-vis des tissus mous, mais celui-ci ne peut rien pour les tissus situés en profondeur du trait de coupe (ici la muqueuse palatine).

Enfin, l'utilisation des ultrasons rend possible la mobilisation du bloc osseux sans faire appel à un ostéotome manuel, dont l'utilisation, parfois frappée, est désagréable pour le patient, dans les interventions sous anesthésie locale.

Cependant, lorsque la distraction intéresse le secteur de la symphyse mandibulaire, l'ostéotomie est plus lente qu'avec l'instrumentation classique. En effet, la densité osseuse rencontrée à cet endroit est souvent élevée (os de type I).

Force est de constater que la piézochirurgie est un gage de confort et de sécurité en particulier quand l'intervention intéresse les secteurs postérieurs peu accessibles, mais peut entraîner un allongement du temps d'intervention suivant le type d'os rencontré.

## **6.2.5 GREFFES D'APPOSITION D'OS AUTOGENE**

### **6.2.5.1 Introduction**

La greffe d'os autogène correspond à la transposition d'un bloc osseux, d'un site donneur vers un site receveur, tous deux appartenant au même individu. C'est un acte pratiqué avec un bon recul clinique, dont les résultats sont satisfaisants pour le comblement des défauts osseux en vue d'implantation. En effet, un volume osseux compatible avec la pose d'implants est obtenu. Sa morphologie au niveau des secteurs antérieurs, permet de favoriser la gestion des tissus mous qui aboutit à une réhabilitation esthétique intéressante, particulièrement en ce qui concerne l'alignement des collets. **(Boioli et coll., 2005, [11])**

On peut décomposer cet acte en deux temps chirurgicaux : le prélèvement et la mise en place du greffon. Bien que distinctes, ces deux phases se déroulent lors de la même intervention pour assurer la survie d'un maximum de cellules du greffon, gage d'une bonne intégration sur le site receveur.

Nous étudierons donc les différents types de greffes, ainsi que les divers sites donneurs, où le bistouri ultrasonore remplace scie ou fraise, lors du prélèvement.

### **6.2.5.2 Les différents types de greffe**

#### **6.2.5.2.1 Technique en onlay**

Le greffon, apposé sur le site receveur est fixé à l'aide de vis d'ostéosynthèse pour permettre son intégration. L'onlay nécessite le prélèvement d'un bloc d'os cortico-spongieux.

On peut distinguer dans les greffes en onlay :

**La greffe d'apposition** : un bloc osseux de grande taille remplace toute une partie de la crête.

**La greffe en selle** : on taille la pièce osseuse prélevée pour combler un déficit en épaisseur et en hauteur.

#### **6.2.5.2.2 Technique en inlay**

Le greffon est utilisé pour combler un défaut osseux dans lequel on le place. Elle peut s'appliquer au niveau des sinus, afin d'augmenter le volume osseux sans modifier l'espace inter occlusal. On la retrouve aussi dans le comblement de défauts encastrés comme les fentes palatines.

#### **6.2.5.3 Les sites de prélèvements**

De nombreux sites de prélèvement, en vue de greffes au niveau buccal, ont été proposés et expérimentés. Les recherches se sont tournées vers les secteurs les plus accessibles pour le chirurgien et les moins traumatisants pour le patient. Les protocoles cliniques concernent aujourd'hui principalement l'os iliaque, le pariétal et les sites intra-buccaux. Si le choix d'un site vise à assurer les besoins du site receveur, il est entièrement dépendant des caractéristiques morphologiques du site donneur. L'état général du patient viendra pondérer la décision finale en évaluant le rapport bénéfices/risques.

##### **6.2.5.3.1 Les sites extra-buccaux**

Si le péroné et les côtes ont suscités beaucoup d'espoir, les résultats cliniques et la faible quantité d'os disponible, ont abouti à l'abandon des ces sites. Comme nous venons de le voir, on se concentre plutôt sur l'os pariétal, la crête iliaque et aussi le tibia. Ces sources d'os autogène sont exploitées essentiellement dans le comblement de défauts osseux de grande taille ou des crêtes très résorbées, puisqu'elles mettent à disposition une quantité importante de matériau.

##### **6.2.5.3.2 Les sites intra-buccaux**

Les sites donneurs intra-buccaux sont les tubérosités maxillaires, la symphyse mentonnière ainsi que la région ramique. D'autres sites sont évoqués dans la littérature mais ne font pas l'unanimité au niveau des risques encourus lors du prélèvement. Il s'agit de la partie inférieure de l'os malaire, du processus coronoïde,

du mur externe du sinus maxillaire. Nous ne les traiterons donc pas dans cet exposé. **(Garg, 2004, [25])**

Les sites intra-buccaux sont des sites de premiers choix en ce qui concerne les reconstructions de défauts osseux de taille limitée. Nous décrirons plus loin ces différentes techniques de prélèvements. Nous verrons aussi leurs indications, avantages et inconvénients.

#### **6.2.5.4 Le prélèvement iliaque**

La greffe d'origine iliaque intéresse les reconstructions de grandes étendues, nécessitant une quantité d'os importante. Elle est particulièrement indiquée chez des sujets plutôt jeunes et en bonne santé.

Lors du prélèvement, l'utilisation d'insert piézoélectrique n'est pas envisageable. La longueur importante de l'ostéotomie rendrait en effet, l'intervention très lente avec ce type d'instrument, dont les avantages vis-à-vis des tissus mous ne sont pas justifiés sur ce site.

##### ☺ **Avantages :**

Les blocs osseux recueillis sont volumineux et étendus, ce qui offre la possibilité de les modeler facilement. Ils sont utilisables sous forme de fer à cheval, demi mandibule ou de particules broyées. Le volume disponible varie entre 70 ml, pour la crête antérieure, et 140 ml, pour la postérieure.

L'os est de nature cortico-spongieuse. Le caractère cortical permet, lors de la pose d'implant, une bonne stabilité primaire. La partie spongieuse, quant à elle, possède un bon potentiel de régénération.

Les cicatrices cutanées restent de faible étendue et peu visibles.

##### ☹ **Inconvénients :**

L'intervention est inconfortable pour le patient qui doit rester hospitalisé trois jours à une semaine. En outre, elle requiert la mobilisation d'une importante équipe chirurgicale, ce qui n'est pas sans entraîner un coût global très élevé, pour la réhabilitation.

Au niveau iliaque, les suites opératoires sont souvent gênantes. En sus des douleurs post-opératoires importantes, il existe des troubles de la marche avec boiterie, pouvant s'étendre sur huit jours à trois semaines.

Il est aussi rapporté des insensibilités des territoires cutanés, qui sont attribuées à des lésions nerveuses, lors du prélèvement du greffon (nerf fémoro-cutané). Enfin, bien que de faible étendue, il existe une rançon cicatricielle et une modification morphologique de l'épine iliaque antérieure, visible essentiellement chez le sujet mince. **(Tulasne et Andreani, 2005, [59])**

Au niveau du site receveur, les études montrent une résorption du greffon plus forte que pour d'autres greffes autologues. **(Garg, 2004, [25])**

## **6.2.5.5 Le prélèvement pariétal**

### **6.2.5.5.1 Généralités**

L'os pariétal est constitué d'une corticale externe épaisse (2 mm) et dense, au contact du cuir chevelu et d'une corticale interne en relation avec la dure-mère. Entre ces deux couches d'os compact se trouve un os moins dense : le diploë.

Le prélèvement concerne seulement la couche corticale externe et une partie de cet os trabéculaire. Les greffons recueillis à cet endroit sont donc de nature cortico-spongieuse.

Le volume d'os disponible est variable, de l'ordre de 40 ml. Ceci permet le comblement de défauts d'étendue modérée à large qui sont donc l'indication.

#### ☺ **Avantages** :

La quantité d'os pouvant être prélevée reste importante et de qualité, puisqu'elle montre une très faible résorption. Les suites opératoires plus faciles à supporter. L'intervention nécessite seulement deux à trois jours d'hospitalisation et les douleurs post-opératoires sont faibles au niveau du site de prélèvement. En effet, les patients manifestent plus de sensibilité au niveau du site greffé. L'œdème est minime et les ecchymoses rarissimes. **(Tulasne et Andreani, 2005, [59])**

Enfin, la cicatrice est normalement invisible sauf calvitie. **(Davarpanah, 1999, [20])**

#### ☹ **Inconvénients** :

Bien que courte, l'intervention nécessite une hospitalisation et une anesthésie générale. Le prélèvement n'est pas sans risques car une exposition des méninges, bien qu'exceptionnelle reste possible plus particulièrement chez le sujet âgé, le diploë étant mince. Tulasne rapporte 4 hématomes sous-cutanés dont 1 complété par un hématome extradural sur 1000 prélèvements crâniens. **(Tulasne et Andreani, 2005, [59])**

De plus, l'os cortical ne se reconstituant pas ad integrum sur le pariétal, il a présence d'une zone de fragilité de la voûte crânienne au niveau du prélèvement. **(Garg, 2004, [25])**

Enfin, un cuir chevelu dégarni ou absent laisserait apparaître une importante cicatrice et constitue donc une contre indication.

### **6.2.5.5.2 Technique chirurgicale**

Avant l'intervention, l'épaisseur de la voûte et la densité du diploë sont évalués à l'aide de téléradiographie de profil strict et de face avec plusieurs incidences **(Tulasne et Andreani, 2005, [59])**.

L'intervention se fait toujours sous anesthésie générale. L'abord du site commence par une incision de 7 à 9 cm en regard du pariétal. Les lambeaux sont alors

décollés. Le périoste est incisé et soulevé entièrement. Il est aussi possible de prélever celui-ci, pour l'utiliser comme membrane au niveau du site receveur. Il sera alors placé dans une compresse stérile imbibée de sérum physiologique. Le dessin du greffon se fait avec un insert piézoélectrique à ostéotomie ou une fraise boule (Fig.65). Son détachement se fait tout de même à l'aide d'un ciseau à os (Fig. 66). Les berges de la zone donneuse sont abattues à l'ostéotome, puis émoussées et aplanies. Ce nivellement doit être très soigneux, la dépression du cuir chevelu étant le seul stigmate clinique de prélèvement crânien. Le site de prélèvement est alors suturé après mise en place d'un drain. (Tulasne et Andreani, 2005, [59])



Figure 65 : Prélèvement pariétal, d'après Kotricova et coll., 2006 [35]

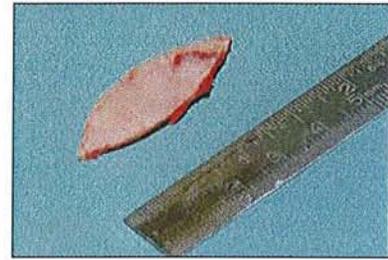


Figure 66 : Greffon osseux aux contours incurvés, d'après Kotricova et coll., 2006 [35]

### 6.2.5.5.3 Une place pour la piézochirurgie

Comme nous venons de le voir, le prélèvement de l'os, au niveau pariétal, présente un risque de lésion au niveau de la dure-mère et d'exposition des méninges. Il requiert donc une parfaite maîtrise de la fraise lors de l'ostéotomie ainsi que du ciseau à os lors du prélèvement.

C'est pour diminuer le risque d'atteinte de la dure-mère que la piézochirurgie a été expérimentée pour des ostéoplasties de la voûte crânienne et des prélèvements pariétaux. (Kotrikova et coll., 2006, [35])

Les cliniciens ayant eu recours à la piézochirurgie ont noté un confort dans l'utilisation de l'instrument. Cette aise est attribuée à l'action de coupe sélective qui préserve les tissus mous, mais surtout à une sensation tactile améliorée et un champ opératoire bien visible grâce à l'effet de cavitation. La maniabilité de l'instrument permet en outre de réaliser facilement des incisions curvilignes. La vitesse reste toutefois, un facteur limitant de cette instrumentation, qui ne permet pas des ostéotomies de grande étendue plus particulièrement sur un os dense comme celui qui compose la corticale pariétale. (Kotrikova et coll., 2006, [35])

## 6.2.5.6 Le prélèvement à la symphyse mentonnière

### 6.2.5.6.1 Généralités

Les prélèvements symphysaires permettent de récolter de grands plateaux d'un os très corticalisé avec un risque minime pour le devenir du site donneur. Dans de nombreuses situations cliniques, ces fragments suffisent à mener à bien des greffes d'étendue modérée, qu'il s'agisse de comblement de sinus maxillaire ou de greffe d'apposition en épaisseur ou en hauteur. Le volume moyen collecté avoisine 5 ml soit une taille de greffon de 3 x 1,5 x 0,5cm. **(Garg, 2004, [25])**

L'indication du prélèvement sera posée, après un examen de la zone mentonnière par un contrôle tomodensitométrique ou une téléradiographie de profil qui montrera alors la quantité d'os disponible. Un manque de hauteur au niveau de l'os basal sera une contre-indication à l'intervention, tout comme un plan de traitement visant à placer des implants au niveau de la crête antérieure de la mandibule. Enfin, il en sera de même si les racines des incisives sont trop longues. **(Autun et coll., 1995 [2])**

#### ☺ Avantages :

La région symphysaire est le site intra-buccal de choix pour ses nombreux avantages.

Pour le chirurgien, l'accès au site est aisé par rapport aux autres sites oraux et permet parfois d'obtenir le prélèvement en un seul bloc.

La nature corticale et trabéculaire du greffon semble donner une meilleure qualité d'os que celle obtenue avec d'autres sites. En effet, la résorption postopératoire est minime comparée à d'autres origines (iliaque, ...). De même, la maturation est plus rapide du fait, semble-t-il, d'une revascularisation accélérée de l'os intra-membranaire. La cicatrisation globale s'en trouve donc accélérée. **(Autun et coll., 1995 [2])**

La qualité de l'os obtenu est compatible avec la pose d'implant. Les crêtes restaurées subissent une augmentation pouvant aller de 4 à 7 mm d'épaisseur avec une résorption très faible du greffon entre 0 et 12%. **(Autun et coll., 1995 [2])**

Pour le patient, l'intervention est moins lourde et peut se faire sous anesthésie locale. Les complications post-opératoires, légères et bien supportées, ne contraignent pas forcément à une hospitalisation. **(Davaranah et coll., 1999, [20])**

Certains auteurs préconisent une neuroleptanalgésie pour ce geste afin de ne pas recourir à une anesthésie générale. **(Leclerc et Dohan, 2004, [38])** Cette alternative nous semble discutable en raison des difficultés de ce type d'anesthésie, qui contraint à une surveillance permanente par le médecin anesthésiste en raison du risque important de détresse respiratoire.

Enfin, il n'y a pas de cicatrice cutanée visible.

### ⊖ Inconvénients :

La quantité d'os reste limitée au niveau du site donneur (env. 5ml) et la localisation du prélèvement n'est pas sans risque, vis-à-vis des tissus voisins. C'est le cas des racines des incisives mandibulaires et des nerfs mentonniers qui peuvent être atteints. De telles lésions peuvent avoir des conséquences sur la sensibilité de la zone mentonnière et des dents, ainsi que sur la vitalité de celles-ci (**Autun et coll., 1995 [2]**). Le repérage précis de ces zones anatomiques fragiles est indispensable à la réussite de l'intervention.

Toutefois, même si la localisation et le respect des dents et des nerfs mentonniers sont assurés par le clinicien, l'altération sensitive transitoire est une suite très fréquente et peut se révéler définitive. Les résultats sont divers selon les auteurs et les chiffres rapportés sont en moyenne de 80% des cas pour la face interne de la lèvre inférieure et 40% au niveau des incisives avec un retour de la sensibilité à 6 mois dans la majorité des cas (**Garg, 2004, [25]**). La persistance des dysesthésies incisives et canines est rapportée entre 2% et 25% des cas, tandis que les mortifications de ces dents intéressent 3% à 10% des cas. (**Tulasne et Andreani, 2005, [59]**)

Enfin, des contractures asymétriques peuvent être remarquées et persister définitivement. Elles ont pour origine un décollement labial trop superficiel entamant la couche musculaire ou l'organisation fibreuse d'un hématome non évacué.

#### **6.2.5.6.2 Technique opératoire**

L'opération peut avoir lieu sous anesthésie locale avec par deux anesthésies loco-régionales au niveau des foramen mentonniers qui sont complétées du côté lingual. Dans le cadre d'une intervention sous anesthésie générale, la région mentonnière sera le siège d'une infiltration afin de diminuer les douleurs post-opératoires.

L'abord du site peut se faire par voie intra-sulculaire ou directement par le vestibule.

Accès vestibulaire : L'incision se situe horizontalement dans la muqueuse alvéolaire entre les prémolaires, à 5 mm au moins de la ligne muco-gingivale. Certains auteurs privilégient un tracé en « V » qui respecte le frein incisif.

En limitant aux canines, on diminue l'accès au site, mais aussi le risque de paresthésie temporaire du nerf mentonnier. (**Garg, 2004, [25]**)

Accès intrasulculaire : L'incision se fait dans les sulcus des dents mandibulaires, entre les faces distales des canines. Elle est préconisée lorsque le vestibule est court, la posture mentale tendue et sans anomalie parodontale de la région incisive. Les sutures sont moins aisées et la cicatrisation parodontale souvent difficile (**Garg, 2004, [25]**).

De plus, les contre-incisions peuvent laisser persister des brides avec sensations de « tension » chez certains patients. (**Tulasne et Andreani, 2005, [59]**)

Cette première incision concerne les muqueuses sur le plan superficiel. La seconde incision se fait perpendiculairement à la symphyse mentonnière jusqu'au contact osseux, au travers du muscle mentonnier.

Ensuite, les émergences des trous mentonniers sont localisées pour éviter toute lésion des pédicules vasculo-nerveux pendant le décollement du lambeau de pleine épaisseur. Ce site mis à jour, le contour du greffon osseux est marqué en fonction de l'anatomie du site et du défaut à combler. Ce sont les données radiographiques et tomodynamétriques qui permettent le repérage de la position des apex des incisives pour placer la limite supérieure de l'ostéotomie, 5 mm en dessous. (**Antoun et coll., 1995 [2]**)

Un insert à ostéotomie est utilisé pour découper le bloc osseux. La tranchée obtenue est très fine et peut être profonde (Fig. 67). Toutefois, même si les inserts permettent d'aller jusqu'à 10 à 12 mm, la taille de la pièce prélevée dépend de la mandibule considérée et se situe plutôt dans les 5 mm. (**Leclerc et Dohan, 2004 [38]**)

Lors de la découpe, la transmission des vibrations ultrasonore permet d'amorcer une fracture de l'interface solide entre l'os cortical et la partie spongieuse. Le clivage entre ces deux structures est alors facilité, et permet un recueil aisé du greffon à l'aide d'un ciseau à os (Fig. 68). Le détachement du bloc osseux se fait de façon délicate avec de légers impacts sur le ciseau, voire pas du tout. Le greffon est déposé dans du sérum physiologique pendant la fermeture du site où il est encore possible de prendre un peu d'os spongieux.

*Chirurgie réalisée par le Dr Pongas (CHU - Nancy)*



Figure 67 : Dessin du greffon.



Figure 68 : Greffon avant détachement.



Figure 69 : Comblement du site avec du Surgicel Fibrilar®.

Enfin, l'espace créé par le prélèvement est comblé avec un mélange de biomatériaux (exemple : os déminéralisé et d'hydroxyapatite résorbable) ou d'un matériau hémostatique (Surgicel fibrilar®). L'ensemble peut être recouvert d'une membrane résorbable, puis refermé par des sutures.

Les sutures concernent tout d'abord, le plan profond des muscles mentonniers (Fig. 70), ensuite le niveau muqueux ou gingival suivant l'accès choisis au départ (Fig. 71). Un pansement compressif sera ensuite appliqué afin de minimiser l'œdème au niveau de la symphyse.



Figure 70 : Sutures du plan profond.



Figure 71 : Sutures muqueuses vicryl.

### 6.2.5.6.3 Apport de la piézochirurgie.

Le bistouri ultrasonore apporte toujours le confort au praticien par ses faibles vibrations au niveau du manche et donc un accroissement des sensations tactiles.

Pour le patient, le moment du décollement du greffon est habituellement une mauvaise passe, suite à l'utilisation d'une instrumentation frappée, indispensable à la libération du bloc osseux. En effet, chaque coup de marteau résonne violemment dans la tête du patient. Ce souvenir vient gâcher les efforts mis en œuvre par le clinicien, pour diminuer les souffrances per-opératoires.

Lors d'une ostéotomie à l'aide d'ultrasons, les vibrations transmises à l'os couplés à une bonne ostéotomie permettent une mobilisation du greffon et parfois son détachement, sans instrument frappé. S'il persiste des situations faisant appel à quelques coups de ciseau à os pour finir la séparation du greffon, ils demeurent de faible amplitude, avec un impact très modéré. (Leclerc et Dohan, 2004 [38])

## 6.2.5.7 Le prélèvement ramique

### 6.2.5.7.1 Généralités

Autre source osseuse intra-buccale, le ramus permet d'obtenir une quantité moyenne d'os, similaire à la symphyse mentonnière. Les défauts osseux concernés sont donc de petite ou moyenne étendue. Comme dans le cas symphysaire, une étude radiologique permet d'évaluer la quantité d'os disponible mais aussi la faisabilité du prélèvement. Le principal obstacle est constitué par la position, parfois très haute, du canal mandibulaire.

☺ **Avantages :**

Le greffon obtenu sur ce site est en général formé d'un os cortical (type I ou II), qui présente une faible résorption après la greffe. Sa densité importante offre une bonne stabilité primaire lors de l'implantation. **(Garg, 2004, [25])**

La morbidité au niveau du corps mandibulaire est faible et concerne essentiellement les lésions du nerf buccal. Les patients se plaignent rarement de désordres sensoriels. De plus les douleurs, ainsi que l'œdème post-opératoires sont moindres, comparés aux suites d'un prélèvement effectué au niveau de la symphyse.

☹ **Inconvénients :**

L'étude préliminaire de l'anatomie mandibulaire montre une voie d'accès difficile, plus délicate que pour la symphyse, qui peut parfois relever d'un véritable challenge pour le praticien. En effet, on se trouve dans une région en relation avec l'artère buccale, le nerf lingual et le canal mandibulaire. Le repérage anatomique de ces divers éléments est indispensable au bon déroulement de l'intervention. **(Garg, 2004, [25])**

#### **6.2.5.7.2 Technique opératoire**

L'intervention débute par l'anesthésie locale des sites donneur et receveur par infiltration parapicales.

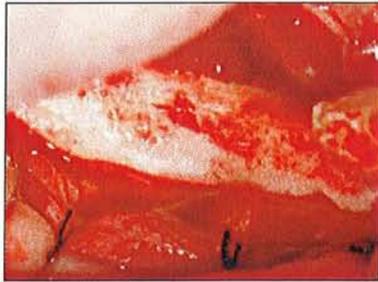
L'accès au site donneur peut se faire par une incision gingivale ou sulculaire, toute deux vestibulaires, et en dedans de la ligne oblique externe. C'est l'état parodontal des dents postérieures, qui guidera notre choix vers le sulcus, dans de bonnes conditions ou vers la gencive, dans le cas contraire. Si les dents sont absentes, il s'agira bien entendu d'une incision crestale, plutôt déportée en vestibulaire pour minimiser les risques de toucher le nerf lingual. En effet, son trajet variable peut le conduire au dessus de la crête.

Le trait de coupe débute à la face distale de la deuxième prémolaire, jusqu'au trigone rétro-molaire. Une décharge distale est alors réalisée, en essayant de rester en dessous du plan d'occlusion. Cette incision est similaire à celle effectuée dans les avulsions des dents de sagesse incluses. **(Garg, 2004, [25])**

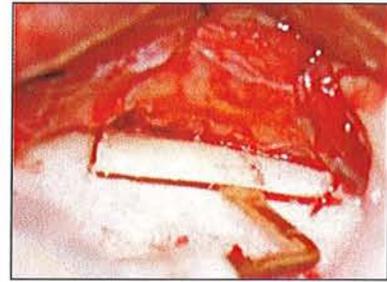
Enfin, un lambeau de pleine épaisseur est décollé, puis récliné à l'aide d'un écarteur, le long de la ligne oblique externe, jusqu'à la base du processus coronoïde. Le site de prélèvement est dégagé. Il est possible de suturer une partie du lambeau pour faciliter l'écartement des berges (Fig. 72).

L'ostéotomie commence au niveau du plan d'occlusion, dans une partie d'épaisseur suffisante, jusqu'à la face distale de la dernière molaire. Deux incisions verticales sont réalisées en vestibulaire, d'une épaisseur correspondant aux dimensions requises par le défaut à combler. Enfin, une incision se pratique horizontalement en vestibulaire pour amorcer un trait de fracture, entre le bloc osseux et le reste de la mandibule. Ce dernier trait de coupe suit la ligne oblique externe et offre un accès médiocre, très proche des tissus jugaux. Un insert piézoélectrique, une fraise boule, une scie à oscillations ou un disque diamanté avec ou sans cache peuvent

être utilisés. Le morceau est donc prêt à être désolidarisé du corps mandibulaire à l'aide d'un ciseau à os (Fig.73).



**Figure 72 : Accès au site et suture du lambeau interne, d'après Leclerc et Dohan, 2004 [38]**



**Figure 73 : ostéotomie Crestale, d'après Leclerc et Dohan, 2004 [38]**

Chaque étape de l'ostéotomie, doit prendre en compte la position exacte du nerf alvéolaire déterminée radiologiquement. Le clinicien doit donc contrôler la profondeur de la coupe lors des incisions et vérifier que le nerf n'est pas solidaire du greffon avant de le détacher. En effet, il se peut que le nerf soit au contact du prélèvement, et qu'il faille au préalable le dégager avec attention. Une fois ceci vérifié, le greffon est récupéré et mis dans du sérum physiologique ou de la bétadine (Fig. 74 et 75). Le site donneur est alors suturé.



**Figure 74 : Détachement du greffon à l'aide d'un ciseau à os, d'après Leclerc et Dohan, 2004 [38]**



**Figure 75 : Greffon de taille moyenne, d'après Leclerc et Dohan, 2004 [38]**

Le site receveur est préparé à recevoir le greffon qui est remodelé pour une coaptation optimale. Une vis d'ostéosynthèse permet le maintien du greffon. Les espaces sont comblés avec des copeaux d'os autogène ou un biomatériau. Enfin, le site peut être recouvert d'une membrane avant d'être suturé.

### 6.2.5.7.3 Intérêt de la piézochirurgie.

Au niveau de la symphyse, les muscles mentonniers sont puissants et leur écartement pendant l'intervention n'est pas aisé et présente un risque. L'utilisation d'un disque diamanté recouvert d'un cache de protection répond bien à ce problème. L'innocuité de la piézochirurgie envers les tissus mous représente aussi une solution très intéressante. Toutefois, la zone de la symphyse est souvent constituée d'une corticale épaisse (type I ou II) qui ralentit la progression d'un bistouri ultrasonore. Afin d'éviter cette perte de temps liée à une instrumentation inappropriée, il est judicieux de choisir son instrument en fonction de l'épaisseur de la corticale observée sur les images tomodensitométriques préopératoires.

## 6.2.6 COMPLEMENT OU ELEVATION DE SINUS

### 6.2.6.1 Introduction

L'élévation du plancher du sinus maxillaire a été mise au point, par Tatum dans les années 70, puis publiée par Boyne en 1980. Elle est aujourd'hui reconnue comme une technique fiable, pour la reconstruction du volume osseux des secteurs postérieurs du maxillaire. Son un taux de succès moyen se situe dans les 97% de comblements réussis, avec pose d'implants dans l'os néoformé. (**Chanavaz et coll., 1995, [16]**)

La principale cause d'échec de cette chirurgie réside dans la fragilité de la membrane sinusienne, dont la lacération compromet souvent l'intervention. C'est principalement sur la préservation de cette membrane qu'intervient l'utilisation du bistouri ultrasonore. Nous allons voir les techniques actuelles d'élévation de sinus et les changements amenés par la piézochirurgie.

### 6.2.6.2 Anatomie des sinus maxillaires

Ce sont des cavités pyramidales dans le corps des maxillaires, ayant une base adjacente à la paroi externe des fosses nasales, et un sommet pointant vers le zygoma. Elles peuvent présenter de petits septa osseux, généralement localisés entre la deuxième molaire et la racine mésiale de la première molaire. Leur point le plus bas se situe dans la zone de la première molaire supérieure. Si la taille des sinus est insignifiante à la naissance, elle augmente progressivement avec la croissance puis le vieillissement : c'est la pneumatisation. Ce phénomène semble varier entre les individus et d'un côté à l'autre de la face. Toutefois elle est plus rapide et importante en cas d'édentation du secteur maxillaire. On évalue le volume moyen, à l'âge adulte, entre 12 et 15 cm<sup>3</sup>. (**Mattout et coll., 2005, [44]**)

L'ensemble de la cavité est en communication avec les fosses nasales, par un ostium, situé en haut et en dedans. Comme le reste des voies aériennes, les parois du sinus sont tapissées d'un épithélium pseudostratifié ciliaire. Cette muqueuse appelée

« membrane de Schneider » assure l'élimination des déchets vers l'extérieur, et permet de garder le sinus sain. Son épaisseur est de l'ordre de 0,8 mm. (Pikos, 1999, [47])

L'apport trophique est assuré par des artérioles en provenance, d'une part, de l'anastomose des artères alvéolaire postéro-supérieure et infra-orbitaire pour la partie antrale externe, d'autre part de l'artère grande palatine pour sa partie inférieure. Cette vascularisation de type terminal rend rares les hémorragies lors d'une procédure de sinus lift, sauf rupture d'une artère.

Enfin, l'innervation est, quant à elle, assurée par des rameaux dérivant de la branche alvéolaire supérieure du nerf maxillaire (V<sub>2</sub>). (Woo et Le, 2005 [61])

### 6.2.6.3 *Technique chirurgicale*

Il existe deux techniques principales pour l'élévation du sinus maxillaire. La première approche, la plus commune, est celle décrite par Tatum. Elle repose sur un abord latéral de la cavité sinusale par la technique de Caldwell-Luc modifiée. Plus récemment, Summers a introduit une méthode moins invasive, avec un abord crestal et l'utilisation d'ostéotomes pour les situations où le comblement à réaliser est faible. Nous nous limitons à la description de la technique par abord latéral, car c'est pour celle-ci que la piézochirurgie pourra jouer un rôle important.

L'anesthésie peut être locale, avec des infiltrations muqueuses sur l'ensemble du site opéré. Dans certains cas, elle peut s'accompagner d'une sédation intraveineuse (neuroleptanalgésie). Enfin, il peut être question d'anesthésie générale.

Le choix sera établi en fonction de la durée de l'intervention et du contexte générale : cadre psychologique et état de santé global du patient. (Tulasne et Andreani, 2005, [59])

La première incision se situe sur la crête, et se prolonge par une incision mésiale de décharge. Un lambeau de pleine épaisseur est récliné pour découvrir la paroi externe du sinus. Le scanner permet la localisation du plancher sinusien. Ensuite, on utilise une fraise boule diamantée sous irrigation stérile, soit de gros diamètre pour désépaissir cette paroi, soit de petit diamètre pour dessiner une petite trappe rectangulaire. Un insert piézoélectrique peut aussi être utilisé dans les deux cas. L'épaisseur de l'os est de 1,5 à 2 mm. A mesure que l'ostéotomie avance, l'opérateur s'interrompt pour tester la solidité de la paroi. Le dessin de la fenêtre osseuse doit avoir des angles arrondis, pour ne pas endommager la membrane interne du sinus.

Quand l'os est assez fin, il permet de visualiser la membrane de Schneider par transparence, et de vérifier ainsi l'absence du passage de l'artère antrale, bien que sa section n'ait pas de conséquence sur la vascularisation du sinus. L'os est alors fracturé par une pression au centre de la fenêtre osseuse. (Mattout et coll., 2005, [44])

C'est alors que sont introduits les élévateurs de sinus. Ce sont des instruments mousses, avec des angulations variées, qui vont permettre de décollement progressif de la muqueuse sinusienne. C'est une opération lente et délicate, qui doit se faire dans toutes les directions. La présence d'un septum intra-sinusal représente une difficulté

supplémentaire, qu'il faut gérer en dernier lieu. Une fois qu'un espace suffisamment vaste est aménagé, on peut procéder à la greffe.

Au niveau de la qualité de l'os formé, l'os autogène est le matériau de choix, que l'on peut apporter sous forme d'un bloc ou broyé. L'os de banque traité (Decalcified Freeze Dried Bone Allograft) et l'os bovin (Bio.Oss®) se comportent de façon très proche autogène. Les biomatériaux de synthèse montrent des résultats légèrement moins bons, mais tout à fait compatibles avec les objectifs recherchés. **(Chanavaz et coll., 1995, [16])**

Toutefois, le taux de survie global des implants est de 91%, avec 87% dans l'os autogène, contre 94% dans le mélange d'os autogène à un matériau, et 95% dans un matériau seul. La survie des implants semble donc meilleure avec les biomatériaux seuls, bien que l'on manque d'étude à long terme. **(Mattout et coll., 2005, [44])**

Un de ces matériaux de comblement, seul ou en association, est choisi et mélangé si possible avec, un peu de sang. Le mélange est alors délicatement introduit, puis foulé dans la cavité. A ce stade de l'intervention, et si le plancher sinusien permet une stabilité primaire suffisante, il est possible de poser des implants. En règle générale, une épaisseur d'os inférieure à 4 mm oriente vers une implantation différée. **(Woo et Le, 2005 [61])**

Une fois la cavité comblée, il faut protéger le site par une membrane. Sur les mêmes principes que la R.O.G., il s'agit d'isoler le matériau greffé du tissu conjonctif du lambeau. La membrane peut être de type résorbable ou non. Les membranes non résorbables (Gore-tex®...), présentent un risque infectieux plus élevé, et nécessitent leur retrait ; celui-ci peut être contemporain d'une pose d'implant différée. Les membranes résorbables (vicryl, PRF...) sont tout aussi performantes, ne requièrent pas une réouverture, et sont peu sujettes à des complications d'ordre infectieux. **(Mattout et coll., 2005, [44])**

La membrane en place, le site est refermé. Afin d'obtenir une excellente coaptation des berges, ainsi qu'une herméticité optimale, il est important de pouvoir tracter suffisamment le lambeau. Il est possible de lui donner un peu de laxité, en faisant une incision périoste horizontale (*périostomie*). Une première suture est réalisée sur le plan profond dans l'épaisseur du lambeau, avec un fil résorbable. C'est cette suture, qui supportera les contraintes mécaniques de la plaie. Ensuite, une seconde suture assure la bonne coaptation des berges et leur positionnement dans la cavité buccale.

#### **6.2.6.4 Complications**

Si le comblement sinusal présente un fort taux de réussite, il n'est pas moins sujet à des complications de nature diverse. En post-opératoire, elles concernent la perforation des tissus mous sans infection, l'infection du sinus, un hémosinus surinfecté ou non, ainsi que la perte des matériaux de comblement et des implants. Pendant l'intervention, le problème majeur est la perforation de la membrane de Schneider. **(Aimetti et coll., 2001 [1])**

#### **6.2.6.4.1 Gestion du risque infectieux :**

Elle se fait par une antibiothérapie prophylactique à large spectre type amoxicilline ou macrolide en cas d'allergie aux  $\beta$ -lactamines. Posologie et dosage se feront en fonction du risque infectieux du patient et des recommandations actuelles (AFSSAPS).

Afin de diminuer la contamination pré-opératoire systématique, certains auteurs se sont penchés sur l'utilisation d'un antibiotique actif sur les anaérobies (métronidazole 0,5%), pour le rinçage du sinus avant la pose du matériau et l'incorporation d'une dose dans le matériau lui-même. L'étude montre une diminution des complications infectieuses et un os néoformé de meilleur qualité. **(Choukroun et coll., 2004, [19])**

#### **6.2.6.4.2 Perte du matériau de comblement :**

Elle peut survenir à la suite d'un rejet, mais elle peut aussi être mécanique. En effet, le simple fait pour le patient de retenir un éternuement provoque une augmentation de la pression dans le sinus, et pousse le matériau en dehors. Une ré-intervention est souvent nécessaire. Une bonne information au patient est indispensable pour éviter ce type de problème.

#### **6.2.6.4.3 Perforation de la membrane sinusienne :**

Divers auteurs montrent, que cet aléa semble se produire dans 10% à 30% des cas. C'est la complication la plus commune du « sinus lift ». La finesse, parfois extrême de la membrane (jusqu'à 0,3 mm), la présence de septum osseux, ainsi que le type d'instruments utilisés pour l'intervention sont autant de facteurs pouvant être à l'origine d'une perforation. Une membrane ouverte augmente le risque infectieux car un nombre plus grand de bactéries peuvent envahir le greffon. Celui-ci peut aussi se répandre dans la cavité sinusienne, allant même jusqu'à l'ostium, empêchant alors le drainage normal du mucus. **(Pikos, 1999, [47])**

Suivant la taille de la lésion engendrée, la thérapeutique change le cours de l'opération. Pour les lésions de grande taille (plus de 5 mm), la muqueuse peut être, soit suturée (fil résorbable 6/0), soit recouverte d'une membrane résorbable en collagène (ex. : Collatape, Biomed...). La poursuite de l'intervention est absolument contre indiquée, surtout s'il est question de la mise en place d'un matériau de comblement en granules ou copeaux. **(Aimetti et coll., 2001 [1])**

Les perforations plus petites sont refermées de façon identique, mais permettent quant à elles, la poursuite de l'intervention. Le pronostic est favorable pour les lésions de moins de 2 mm, et d'autant meilleur, si on utilise de l'os autogène. **(Ardekian et coll., 2006, [3])**

#### 6.2.6.4 Comblement surchargé :

L'apport de matériau en trop grande quantité crée une perturbation dans le drainage sinusien. Il faut donc bien respecter le volume apporté, ce qui évite des complications type sinusites chroniques à long terme. Cette situation reste toutefois exceptionnelle. (Maksoud, 2001, [42])

#### 6.2.6.5 Hémorragie :

Le risque d'une hémorragie est faible compte tenu de la vascularisation peu abondante de la membrane sinusienne. Toutefois, l'atteinte de l'artère antrale du sinus ne permet pas de mener à bien le comblement par la difficulté à contrôler le saignement.

#### 6.2.6.5 Cas clinique n°1 – Chirurgie : Dr Molé (Nancy), Prothèse : Dr Desnoyers (Nancy)

Il s'agit d'une femme, dont le parodonte des dents supports de prothèse est affaibli. L'examen clinique, complété d'un examen radiologique mettent en évidence une atteinte irréversible des dents 16 et 47.

L'objectif du traitement est de remplacer les dents condamnées, mais aussi les intermédiaires de bridge, par des prothèses implanto-portées, afin de soulager les dents piliers dans un esprit conservateur.



Figure 76 : Panoramique dentaire pour la mise en place du plan de traitement.

La radiographie panoramique (Fig.76) montre une vue d'ensemble dont il est possible de se servir pour illustrer la situation initiale avant le début du traitement.

Le plan de traitement proposé se détaille comme suit :

- Section du bridge 14-16 en distal de 14 et dépose du bloc prothétique 15-16.
- Avulsion des racines résiduelles de 16 et curetage.
- Comblement sinusien par xéno greffe, puis pose de deux implants intra-sinusiens en vue d'une restauration implanto-portée stricte en 15-16.
- Section des éléments intermédiaires de bridge 34 et 36.
- Implantation unitaires en 34 et 36 en vue de restaurations implanto-portées strictes 34 et 36.
- Section du bridge 43-47 en distal de 44 et dépose du bloc corono-prothétique 45 à 47.
- Avulsion des racines résiduelles de 47 et curetage.
- Implantation en 45 et 46 en vue de restaurations implanto-portées strictes sur 35 et 36.
- Réalisation de prothèses amovibles transitoires maxillaire et mandibulaire.

Après accord de la patiente, le traitement peut commencer.

### **1<sup>ère</sup> étape :**

Les restaurations prothétiques sont sectionnées puis déposées (éléments 15, 16, 34, 36, 45, 46 et 47). Les prothèses transitoires amovibles sont réalisées par le praticien traitant.

### **2<sup>ème</sup> étape :**

Les avulsions sont effectuées sous anesthésie locale. La dent 17 est extraite sans souci. La dent 47 pose quant à elle problème par hypertrophie de la partie apicale qui implique une corticotomie. Bien que la dent soit retirée en totalité, un fragment de la fraise fissure s'est brisé en profondeur dans l'os. Afin de ne pas prolonger l'intervention, il est décidé de retirer le corps étranger plus tard, lors de la pose des implants, celle-ci se faisant sous anesthésie générale.

### **3<sup>ème</sup> étape :**

Elle regroupe la pose des quatre implants mandibulaires, la procédure de « sinus lift » et le dégagement du corps étranger. La durée globale de l'intervention, ainsi que le traitement en multi-quadrant, posent l'indication d'une anesthésie générale.

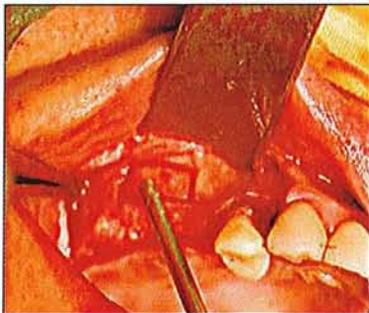
L'opération commence par la pose des deux implants mandibulaires gauches 34 et 36. Une fois les fixtures en place, elles sont recouvertes par des vis de

cicatrisation trans-muqueuses. En effet, les conditions tissulaires locales sont favorables à une mise en fonction immédiate des implants. Le site est suturé.

L'intervention se poursuit par la récupération du fragment de fraise fissure à l'aide d'un insert piézoélectrique fin destiné aux avulsions. L'os autour du fragment est retiré par un mouvement circulaire. Le léger dégagement osseux et les vibrations ultrasonores libèrent rapidement le corps étranger. L'ensemble de cet acte ne représente pas une perte osseuse remarquable. Par contre, la pathologie apicale au niveau de la dent 47 et l'avulsion avec corticotomie ont, quant à elles, laissé une lésion osseuse importante.

Les deux implants en position 45 et 46 sont mis en place et recouvert d'une vis de recouvrement. Contrairement aux implants précédant, ceux-ci seront enfouis. Dans le cas présent, l'enfouissement des implants est préférable pour optimiser la cicatrisation de l'ensemble, compte tenu de la lésion osseuse décrite plus haut, au niveau de la dent 47. L'ensemble du site est alors suturé.

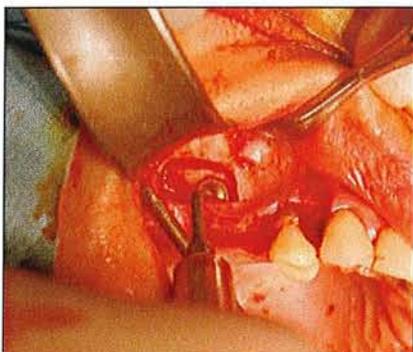
L'abord du site maxillaire se fait par une incision crestale avec une décharge en distal de 13 et le décollement d'un lambeau de pleine épaisseur. L'abord de la paroi externe du sinus se fait en premier lieu à l'aide d'un insert en dents de scie puis se poursuit avec un insert diamanté à l'approche de la membrane sinusienne.



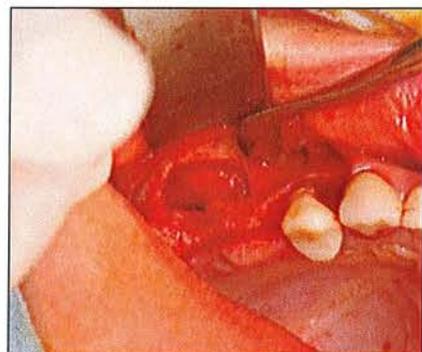
Une fenêtre osseuse complète est dessinée et ses angles sont arrondis pour éviter de blesser la membrane. (Ci-contre) Le décollement de la membrane peut débuter.

**Figure 77 : Fenêtre osseuse.**

Un insert mousse en forme de cône inversé est utilisé pour entamer la libération de la membrane de Schneider (Fig.78). À mesure que le soulèvement progresse, d'autres inserts de courbures différentes prennent le relais. Les limites et la taille du décollement sont vérifiées à l'aide d'un élévateur de sinus manuel. L'intégrité de la membrane a été préservée. (Fig.79)



**Figure 78 : Début du décollement.**

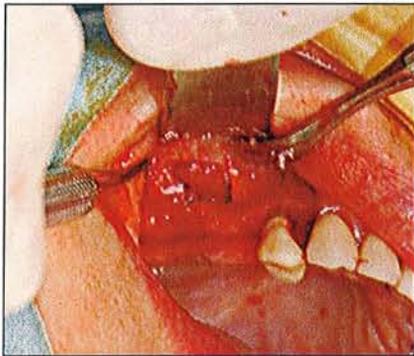


**Figure 79 : Soulèvement terminé.**

Un prélèvement sanguin réalisé avant l'intervention a permis la centrifugation de quatre tubes de sang dans le but de fabriquer du PRF autologue (Platelet Rich Fibrin). Chaque extrait est placé entre deux compresses imbibées de sérum physiologique que l'on comprime légèrement, afin de former une membrane en chassant la phase liquide.

La membrane de PRF est placée contre la membrane sinusienne. Elle permettra une meilleure cicatrisation du site mais surtout une protection mécanique de la membrane sinusienne vis-à-vis du matériau de comblement.

Le matériau choisi est un mélange de deux granulométries de Bio-Oss® : 0,5g à 0,25-1mm de diamètre et 2,5g 1-2mm à de diamètre. Le tout est imbibé avec un peu de sang en provenance d'un culot de tube ayant servi à la préparation du PRF. Le mélange est délicatement déposé puis foulé dans la cavité (Fig.80 et 81).

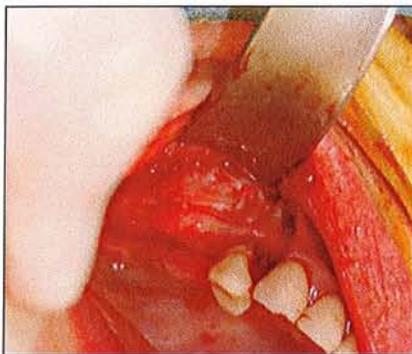


**Figure 80 : Cavité en cours de comblement.**

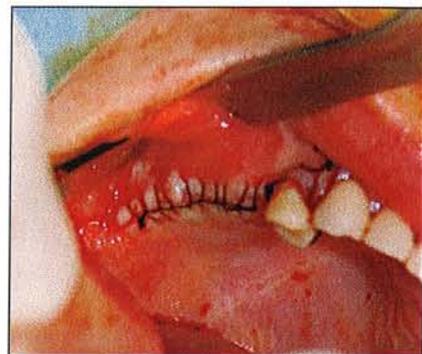


**Figure 81 : Cavité comblée.**

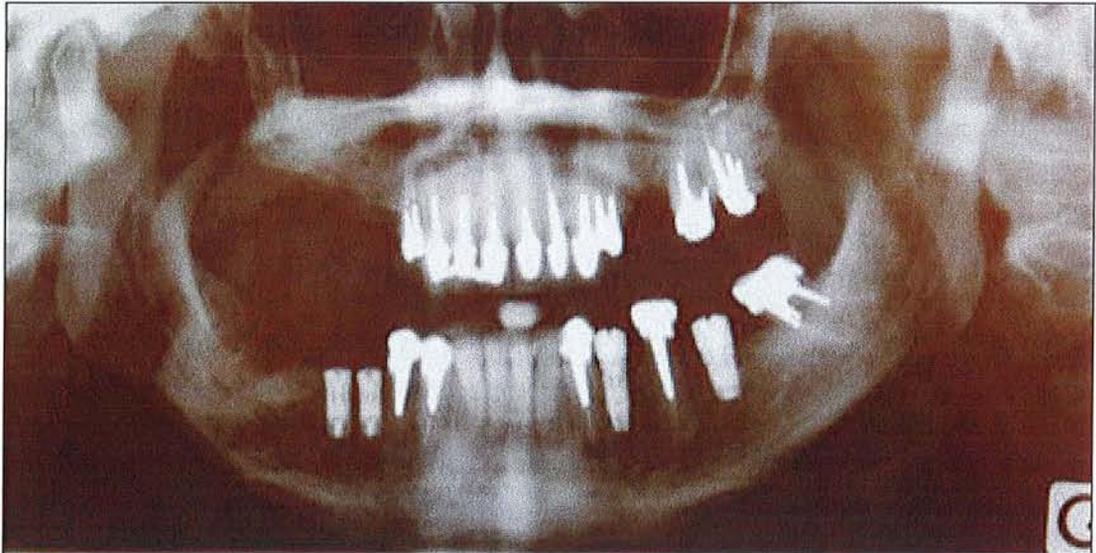
La greffe est recouverte avec plusieurs membranes de PRF afin de protéger le matériau mis en place et favoriser la cicatrisation muqueuse superficielle. Le site est alors refermé à l'aide d'un fil de soie 4/0, par deux points simples au niveau de la décharge et par un surjet croisé pour l'incision crestale (Fig. 82 et 83). Enfin, le site est infiltré avec 10ml de Naropéine (Ropivocaïne à 7,5mg/ml) afin d'assurer une analgésie post-opératoire longue.



**Figure 82 : PRF en place.**



**Figure 83 : Site en fin d'intervention.**



**Figure 84 : OPT Post opératoire.**

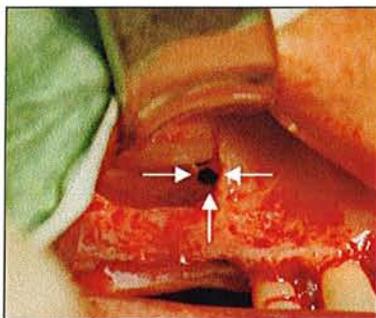
L'orthopantomogramme ci-dessus est réalisé après l'intervention. On y distingue le matériau de comblement dans le sinus maxillaire droit, les quatre implants et leurs vis de couverture différentes.

Enfin, nous sommes tenus de préciser que l'épaisseur trop faible du plancher sinusien (Fig. 76, p. 73) ne permet pas d'assurer une bonne stabilité primaire des implants en 15 et 16. Ceux-ci sont envisagés après cicatrisation osseuse de la greffe.

#### **6.2.6.6 Cas clinique n°2 - Dr Molé (Nancy)**

Ce second cas est similaire au précédent concernant l'élévation du sinus, à ceci près que l'anatomie de la cavité concernée présente deux septa osseux en regard du site de greffe. Cette particularité anatomique confère une difficulté d'accès accrue, et s'accompagne d'une majoration du risque de perforation de la membrane endosinusienne.

L'abord du site se déroule de façon identique par un lambeau d'accès de pleine épaisseur.



**Figure 85 : Membrane soulevée, perforation circonscrite.**

Le soulèvement de la membrane est difficile et malgré toutes les précautions, la membrane cède. La lésion est de faible étendue (1-2mm) et le chirurgien poursuit l'intervention et réussit à circonscrire la perforation en alternant l'utilisation d'un insert piézoélectrique et un élévateur manuel. (Ci-contre)

La perforation est recouverte d'une membrane résorbable artificielle (Péριοguide®) et d'une membrane de PRF. Le comblement se fait normalement avec un mélange de Bio-oss®.

Si la piézochirurgie n'a pas permis d'éviter la perforation de la membrane dans ce cas défavorable, elle bien contribué à la gestion de cette complication, la greffe ayant pu être réalisée.

### **6.2.6.7 La piézochirurgie : une nouvelle approche.**

Par ses diverses propriétés, la piézochirurgie semble présenter un avantage majeur sur l'instrumentation rotative, dans l'ouverture d'une fenêtre d'ostéotomie, et le soulèvement de la membrane sinusienne. L'inactivité sur les tissus mous, combinée à une sensation tactile beaucoup plus fine, permet la réalisation d'une ostéotomie dont le risque de perforation de la membrane sinusienne est très faible. Ceci présente un avantage majeur dans la prévention de cette complication.

Tout d'abord, les mouvements exercés par l'opérateur sont des va-et-vient dont la composante en pression, nécessaire à la coupe, est très faible. L'excellente sensibilité permet d'éviter un contact avec la membrane. Si cela arrive tout de même, la relative innocuité sur les tissus mous, peut encore préserver cette muqueuse. Contrairement à la technique classique, où la fenêtre est dessinée en « U », l'ostéotomie est ici totale. Le haut de la fenêtre n'est donc pas fracturé, mais découpé en totalité.

Une fois la fenêtre terminée, les bords sont plutôt lisses, par opposition à ceux d'aspect tranchant, laissés par une fraise boule. Ici encore, nous relevons un point positif, dans le cadre de préservation de l'intégrité de la membrane.

Enfin, le décollement de la membrane sinusienne se fait avec des inserts mousses spécifiques. Selon certains, cet acte est décrit comme facilité par la présence du spray, et de la pression hydropneumatique induite par le phénomène de cavitation. Toutefois, la forme des inserts semble parfois inadaptée de par leur angulation. Certains cliniciens leur préfèrent alors les curettes classiques d'élévation.

Deux études différentes, représentant ensemble 53 élévations, n'ont répertorié que deux perforations de membrane, dont aucune des deux n'a contraint à l'arrêt de l'intervention. Cela représente une réussite à 95%. Le taux de succès des implants mis en places dans le tissu obtenu, est comparable à celui de la technique classique. **(Lambrecht, 2004, [36] ; Vercellotti, 2001, [62])**

Si d'autres auteurs confirment ces observations avec un nombre de cas plus réduit, le désaccord apparaît sur le temps d'intervention. En effet, comme nous l'avons constaté, la découpe de l'os est plus lente avec la piézochirurgie, qu'avec une fraise. Ce handicap est toujours présent dans le cadre du sinus lift pour certains. Pour d'autres, c'est un gain de temps dû à un geste précis, et à une ostéotomie de faible étendue, sur un os de densité moyenne. De plus, le temps d'élévation de la membrane semble lui aussi être écourté. L'étude de Vercellotti et al. pour 21 cas donne un temps moyen de 3 minutes pour l'ostéotomie, et de 5 minutes pour le soulevé de la membrane.

Si la réalité sur le temps d'intervention n'est pas encore précise, il n'en est pas moins que le risque vis-à-vis de la membrane sinusienne est largement réduit. On peut aussi ajouter qu'en ce qui concerne la mise en place du matériau de comblement, il est facile de prélever des copeaux osseux à proximité du site concerné. **(Chiriac et coll., 2005 [17])**

Comme l'illustrent nos cas cliniques, la piézochirurgie se présente donc comme un instrument très intéressant pour le succès des élévations de sinus. Bien qu'elle ne constitue pas une garantie absolue de succès, en particulier dans des situations difficiles, elle permet de les gérer plus aisément. Il est entendu que même simplifié, le « sinus lift » par abord latéral ne doit être pratiqué que par des praticiens bien formés.

## **6.3 DEROUTEMENT DU NERF ALVEOLAIRE**

### **6.3.1 GENERALITES**

Si les greffes osseuses offrent une solution dans la gestion des déficits osseux, cette option est parfois difficilement réalisable dans certains cas d'édentements partiels. Il peut être difficile de donner au lambeau une épaisseur suffisante pour protéger le transplant d'une infection. De plus, le profil crestal accidenté de la greffe peut poser problème dans la réalisation prothétique.

Maintes autres solutions sont proposées pour permettre l'implantation dans le secteur postérieur de la mandibule. Parmi elles, la distraction alvéolaire que nous avons traitée plus haut n'est pas toujours possible en raison de la position du nerf dentaire et de l'os résiduel. Une autre alternative réside dans le placement en position linguale des implants. Toutefois, même si de nombreuses méthodes permettent de localiser le canal dentaire inférieur, le risque de lésion du nerf reste non négligeable. Enfin des implants courts peuvent être placés, mais comme nous l'avons déjà évoqué, leur taux de succès à long terme reste faible. **(Ferrigno et coll., 2005, [23])**

C'est ainsi qu'en 1987, Jensen et Nock ont présenté un cas de mise en place d'implant après transposition du nerf alvéolaire. Depuis, d'autres cas ont été traités et ont permis d'évaluer cette chirurgie, ses risques et ses bénéfices. On constate que l'opération n'est pas sans risque en ce qui concerne la sensibilité des régions innervées. Une majorité de patients, 96%, retrouvent une sensibilité normale après 18 mois post-opératoires. Le taux de survie des implants, constaté en moyenne, est légèrement plus faible que pour des cas plus favorables, mais reste acceptable (93.3%). **(Rosenquist, 1995, [52])**

### **6.3.1.1 Indications**

Compte tenu des risques encourus, cette technique ne doit être proposée, que dans les cas de résorption extrême, où d'autres solutions ne sont pas possibles. Pour que le déroutement soit envisagé, la distance entre le sommet de la crête et le canal doit être inférieure à 11 mm. L'information au patient doit être claire, afin qu'il comprenne bien ce qu'il encourt par rapport à l'avantage du confort apporté par des implants.

L'examen précis, de la zone mandibulaire postérieure, doit déterminer l'épaisseur d'os, au dessus du canal dentaire, et la localisation de celui-ci. En outre il paraît évident que la qualité de l'os spongieux du corps mandibulaire, doit permettre une stabilité primaire des implants, qui seront placés dans le même temps opératoire. La principale contre-indication concerne des épaisseurs osseuses inférieures à 3 mm, entre le sommet de la crête et canal mandibulaire. **(Rosenquist, 1995, [52])**

### **6.3.1.2 Terminologie**

La terminologie actuelle distingue deux appellations pour le déroutement du nerf dentaire. Chacune correspond à un type d'intervention légèrement différent.

On parle en effet de latéralisation du nerf, lorsque celui-ci est exposé, puis tracté le temps de la mise en place des implants, et enfin repositionné contre eux. Diverses études histologiques menées chez l'animal, ne montrent pas de problème au niveau du contact entre le nerf et les fixtures. L'intégrité du nerf est préservée. **(Yoshimoto, 2004, [66])**

L'autre méthode, nommée transposition, comporte une corticotomie du trou mentonnier, et une section du nerf dans sa partie incisive. L'ensemble du tronc nerveux est repositionné dans les tissus mous, après la mise en place des implants. L'ensemble du nerf n'est pas préservé. Toutefois, celui-ci n'est pas sujet à des tensions après l'intervention. En effet, une élongation supérieure à 5%, compromet la vascularisation périneurale aboutissant à un déficit sensoriel permanent. **(Morriso, 2002, [45])**

### 6.3.2 TECHNIQUE CHIRURGICALE

L'anesthésie peut être loco-régionale ou générale, suivant l'état des patients. La durée et la difficulté de l'intervention pourraient orienter les praticiens à travailler sous anesthésie générale, mais la majorité des cas publiés ont été réalisés sous anesthésie locale.

Après infiltration, l'opération débute par une incision horizontale à 5 mm du sommet de la crête, elle est complétée par deux légères incisions de décharge, 1 à 2 mm en lingual, et par une incision supplémentaire dans le vestibule en avant du trou mentonnier. On lève alors deux lambeaux, un lingual, un vestibulaire pour un accès complet au site.

Le trousseau vasculo-nerveux est repéré avant de disséquer le périoste. Le tour du foramen mentonnier est délimité par de petites perforations qui sont ensuite réunies avec une fraise fissure. Le bloc osseux entourant le nerf est séparé. On distingue alors le niveau du canal. Une ostéotomie est pratiquée au dessus et en dessous de celui-ci pour retirer le bloc d'os cortical. C'est alors que le rameau incisif est sectionné à 3-4 mm en avant de sa ramification et que le trousseau vasculo-nerveux est sorti du canal avec précaution. Les implants sont mis en place.

Si on se trouve dans le cas d'une latéralisation, la section du nerf n'a pas lieu, et celui-ci est dégagé puis écarté légèrement le temps de positionner les implants.

Le bloc d'os cortical est alors remis en place. Le nerf peut être placé au contact des implants ou à l'extérieur de l'os. Le site est ensuite refermé avec des sutures serrées.

### 6.3.3 EVALUATION AVEC LA PIEZOCHIRURGIE

Le protocole chirurgical reste identique et l'on remplace les instruments rotatifs par des inserts piézoélectriques. Leur utilisation est très intéressante, car elle permet de coupler le tracé de la tranchée osseuse avec la manœuvre de séparation du bloc osseux de la voie d'accès au dégagement du nerf. Les vibrations ultrasonores permettent un clivage aisé du bloc osseux avec les structures molles. Ceci contribue à lever une des plus grandes difficultés dans cette intervention qui est le décollement du nerf.

Lors de l'ostéotomie, le contrôle de l'instrument est meilleur par l'augmentation de la sensibilité tactile (Fig. 87,p. 82). Le chirurgien maîtrise parfaitement la profondeur de coupe, la lésion du nerf par contact avec l'instrument devient rare. En outre, une étude histologique in vitro a montré le faible degré de lésion d'un insert piézoélectrique par rapport à une fraise boule. (Hori et coll., 2001, [30])

Enfin, l'action de coupe sélective vis-à-vis des tissus mous est à prendre en compte. Les tissus mous adjacents au site, dont l'accès n'est pas aisé, sont à l'abri de toute erreur de manipulation (joue, lambeau...).

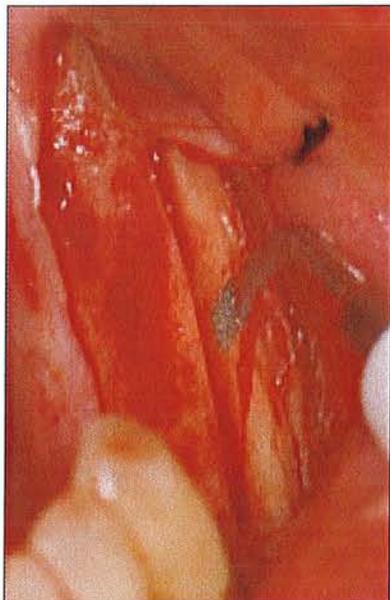


Figure 86 : Ostéotomie verticale, d'après Leclrec et Dohan, 2004 [38]

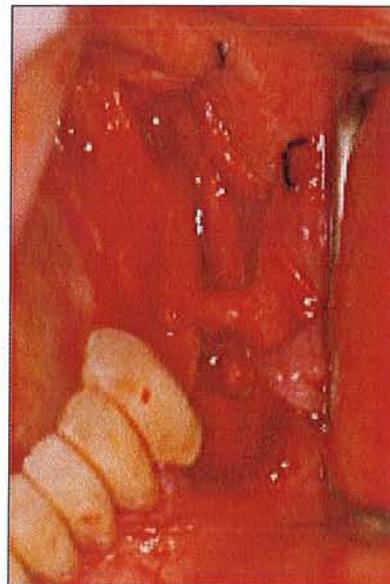


Figure 87 : Dégagement du nerf alvéolaire, d'après Leclrec et Dohan, 2004 [38]

Le point plus sombre reste quant lui le même que pour les autres cas cliniques déjà évoqués : la lenteur de l'ostéotomie, en particulier sur les os très minéralisés. Les études menées à ce sujet ne concernent pas les derniers modèles sur le marché actuellement. Une réévaluation du temps perdu serait à envisager, afin de le comparer à la durée totale de l'intervention.

Ces sécurités contribuent à rendre plus accessible le déroutement du nerf alvéolaire inférieur. Toutefois, cette chirurgie reste un acte difficile, comprenant un risque non négligeable de troubles de la sensibilité. Il est donc indispensable de réserver cette chirurgie à des praticiens expérimentés et dans des cas où elle se justifie réellement. (Lambrecht, 2004, [36])

# 7. CHIRURGIE ORTHOGNATIQUE

## 7.1 INTRODUCTION

La chirurgie orthognatique vise à corriger les dysmorphoses dento-maxillo-faciales. Ce sont des défauts qui concernent les bases osseuses de la face et entraînent généralement une malocclusion plus ou moins prononcée. Les anomalies de l'occlusion dentaire ont des conséquences à court, moyen et long terme qui peuvent justifier l'intervention chirurgicale. En effet, cela peut entraîner :

- Des risques importants de déchaussement des dents entraînant leur perte précoce.
- Des anomalies des articulations temporo-mandibulaires avec des douleurs des craquements, des claquements, des contractures musculaires.
- Une gêne à l'alimentation ou à l'élocution.
- Un retentissement esthétique en cas d'anomalie importante.
- Une difficulté, voire une impossibilité, de prise en charge prothétique en cas d'édentement total.

## 7.2 DEFINITION

Le terme «chirurgie orthognatique» implique principalement deux types de procédures chirurgicales : l'ostéotomie Le Fort I et l'ostéotomie sagittale de la mandibule ou ostéotomie d'Obwegeser. La génioplastie est une procédure souvent adjointe aux chirurgies orthognatiques pour recréer un visage harmonieux.

L'ostéotomie Le Fort I sert à corriger les malformations dento-faciales du maxillaire supérieur. Par cette procédure, le chirurgien peut effectuer une impaction, une augmentation verticale, un recul, un avancement, une expansion palatine ou un déplacement latéral du maxillaire supérieur. Par la technique de l'ostéotomie Le Fort I segmentaire, le chirurgien peut fermer des béances (open bite) antérieures ou postérieures et corriger des excès verticaux ou horizontaux, unilatéraux ou bilatéraux du maxillaire.

L'ostéotomie sagittale sert, quant à elle, à corriger les malformations dento-faciales du maxillaire inférieur. Cette technique est effectuée pour un avancement ou un recul du maxillaire inférieur dans les cas respectifs d'un patient rétrognathe ou prognathe. Elle peut aussi concerner une mandibule asymétrique. Lorsque l'ostéotomie Le Fort I est effectuée, il est parfois nécessaire de procéder à l'ostéotomie sagittale pour obtenir une relation intermaxillaire maximale.

Enfin, la génioplastie est utilisée pour corriger les malformations du menton. Par cette procédure, le chirurgien peut procéder à un avancement, un recul, une impaction, une augmentation verticale ou un déplacement latéral du menton et, ainsi, faire concorder le menton osseux avec le menton musculaire et éliminer l'incompétence labiale. (Guyot, [70])

## 7.3 UTILISATION DE LA PIEZOCHIRURGIE

La découpe des blocs osseux en chirurgie se fait en général à l'aide de scies. Ce sont des procédures longues et complexes qui nécessitent, bien entendu l'anesthésie générale.

### 7.3.1 OSTEOTOMIE DE LEFORT I

Cette intervention consiste en la séparation des maxillaires en plusieurs parties. Les traits de coupe se font à proximité des dents, des structures parodontales et des tissus mous assurant la vascularisation. Un des objectifs essentiels à la réussite du traitement est la préservation de l'apport vasculaire aux divers éléments ainsi formés. L'utilisation des scies à oscillations et des fraises peut être à l'origine d'atteintes sévères vis-à-vis de l'os par l'ostéonécrose marginale due à l'échauffement. D'autres lésions peuvent concerner les tissus parodontaux déjà fragilisés par le traitement orthodontique de préparation. Enfin, des études ont montré l'impact de l'instrumentation conventionnelle sur la vitalité pulpaire et les dommages directs pouvant être causés sur les pédicules vasculo-nerveux.

Afin de limiter de telle complication, on envisage d'utiliser la piézochirurgie. Les dommages aux tissus sont minimaux, tous comme le saignement.



Les traits de coupe sont très fins et permettent des ostéotomies interdentaires très conservatrices.

**Figure 88 : Ostéotomie interdetaire, d'après Robiony et coll., 2004 [51]**

Les tissus mous et pédicules vasculo-nerveux sont préservés. Enfin, la séparation médiane des maxillaires, habituellement difficile par la finesse de l'os et la présence de la muqueuse palatine en dessous, est largement facilitée. La seule limitation à l'utilisation du bistouri ultrasonore est sa lenteur de coupe dans une procédure où les ostéotomies sont multiples. (Politti et Toro, 2005, [48])



Figure 89 : Ostéotomie frontale du maxillaire, d'après Robiony et coll., 2004 [51]



Figure 90 : Le muqueuse palatine ne montre pas de signe de souffrance, d'après Robiony et coll., 2004 [51]

### 7.3.2 OSTEOTOMIE SAGITALE D'OBWEGESER

Si la zone maxillaire présente déjà nombre de contraintes liées à la présence d'éléments fragiles en abondance, la mandibule ajoute à cela la difficulté d'accès au site concerné. On se trouve que dans la même situation déjà décrite pour prélèvement ramique avec en plus la nécessité d'accéder à la partie interne de la mandibule. Le risque de lésion des tissus mous concerne les tissus avoisinants et les pédicules vasculo-nerveux, en particulier le nerf dentaire par la nature de l'ostéotomie.

La chirurgie comprend trois trait d'ostéotomie : deux trait horizontaux de part et d'autre de la branche montante allant chacun jusqu'à la moitié de l'épaisseur de l'os, et un trait sagittal les reliant. Le premier trait d'incision se situe au dessus de l'épine de Spix préservant le nerf dentaire qui doit être récliné. Le second trait se fait sagittalement dans la branche montante jusqu'au niveau de la troisième molaire inférieure. La dernière incision est perpendiculaire au bord inférieur de la mandibule. Durant toutes ces étapes la préservation du nerf alvéolaire requiert une grande attention. (Gruber et coll., 2005 [27])



Figure 91 : Ostéotomie sagittale d'Obwegeser, d'après Gruber et coll., 2005 [27]

Beaucoup de cliniciens préfèrent travailler avec des scies à oscillation qui sont moins dangereuses pour les tissus mous que les fraises. Le bistouri piézoélectrique présente une autre alternative à la sauvegarde de ces tissus. Son utilisation accroît la précision

des gestes grâce à la sensation tactile plus fine, limitant ainsi les faux mouvements. Son action de coupe sélective met à l'abri les tissus lors d'un contact accidentel. Enfin, une étude montre que la récupération post chirurgicale de la sensibilité semble être plus rapide.

Toutefois, apparaissent certains inconvénients. En effet, en plus de l'augmentation du temps d'intervention toujours décrite, on peut aussi s'attendre à une fracture de fatigue des inserts durant l'opération. (Vercellotti, 2002, [72])

## 8. CONCLUSION

Il nous a été possible de recenser les diverses interventions réalisables dans le cadre de la piézochirurgie. Les études menées par de multiples auteurs, ont dégagées des résultats qui convergent pour une majorité de caractéristiques. Ainsi, l'innocuité de la piézochirurgie sur les tissus mous, argument publicitaire principal des fabricants, est une propriété acquise à l'unanimité. Notre expérience clinique vient aussi confirmer cet avis. Cette propriété confère aux interventions de chirurgie osseuse, une sécurité accrue sans équivalent par rapport aux autres instruments, comme la fraise ou le disque diamanté même muni d'un cache.

Toujours dans le cadre de la sécurité, nos essais cliniques rejoignent l'avis d'une majorité d'auteurs en soulignant l'absence de macro-vibrations dans la pièce à main. Ceci confère un geste plus précis et plus agréable pour le chirurgien. Associée à des traits de coupe très fins, l'ensemble autorise une finesse d'ostéotomie exemplaire.

Concernant l'irrigation, les études ont montrées qu'elle était très efficace pour disperser la chaleur. Le refroidissement des inserts piézoélectriques semble plus performant que celui des fraises à os, en particulier lors des ostéotomies profondes. Des coupes histologiques viennent confirmer ces observations en montrant des tissus exempts de brûlures avec un grand nombre de cellules vivantes. Ces constatations sont très positives et peuvent laisser penser à une amélioration de la cicatrisation des sites traités par piézochirurgie. Des études sont actuellement en cours pour évaluer les effets de la piézochirurgie sur la cicatrisation, par rapport aux instruments rotatifs. Enfin, l'irrigation est soumise au phénomène de cavitation, qui serait à l'origine de la diminution du saignement des surfaces osseuses durant les interventions. Si cette absence de saignement se traduit cliniquement par un champ opératoire exsangue, les avis divergent sur son origine exacte.

Le principal défaut reproché à la piézochirurgie est sa lenteur de coupe. En effet, tous les auteurs s'accordent sur ce point. Ce paramètre reste toutefois très variable car il dépend de la combinaison de trois facteurs essentiels. On retrouve en premier lieu, le matériel. Les générateurs ne délivrent pas la même puissance suivant les fabricants et ne possèdent pas les mêmes capacités d'adaptation à l'os. La qualité est le remplacement des inserts trop usés ne sont pas en reste. Viens ensuite la qualité de l'os. Les auteurs précisent tous des différences suivant l'os rencontré. Ainsi plus l'os est dur et minéralisé, plus la coupe est difficile. Enfin, l'ultime facteur concerne bien sûr l'utilisateur. C'est en effet le chirurgien qui devra s'entraîner à utiliser un instrument nouveau. L'expérience permettra d'affiner le geste particulier avec cet instrument et les réglages de la puissance optimale du générateur, en fonction de l'os rencontré.

L'ensemble des situations cliniques abordées illustre la multiplicité des indications possibles de la piézochirurgie. C'est en gardant à l'esprit les points forts et les inconvénients du bistouri ultrasonore, que l'on déterminera son utilité vis-à-vis d'une situation clinique donnée. D'un point de vue général, il nous semble que cet instrument ne soit pas un investissement intéressant pour l'omnipratique. En effet, les ostéoplasties, avulsions difficiles et chirurgie endodontique sont trop peu pratiquées dans la plupart des cabinets dentaires pour justifier cet investissement. Pour les cliniciens ayant une activité chirurgicale importante, l'utilisation de la piézochirurgie

peut se révéler être un atout en particulier dans le domaine des prélèvements osseux intra-buccaux.

Ainsi, les prélèvements au niveau de la symphyse mentonnière et plus encore dans la zone du ramus, difficile d'accès, seront plus aisés grâce au risque amoindri de lésion des tissus adjacents. Le prix de la sécurité se soldera par un temps d'intervention plus long, compte tenu de la nature du tissu osseux dans ces zones. Enfin, les procédures d'élévation de sinus par abord latéral montrent les résultats les plus intéressants. En effet, le décollement de la membrane de Schneider ou la gestion de sa perforation, semble grandement facilité d'une part par les propriétés de clivage des ultrasons entre tissu durs et mous, d'autre part grâce à l'innocuité des fréquences utilisées sur les tissus mous. Enfin, la faible quantité d'os à dégager pour découper la fenêtre osseuse ne représente pas un frein à l'ostéotomie. Il nous semble donc que ce soit l'indication première de cette instrumentation qui offre une intervention plus sûre et peut-être plus rapide selon certains. Nous la considérons comme une véritable avancée dans l'exécution des comblements sinusiens.

Dans tous les cas, si la piézochirurgie facilite les interventions chirurgicales, celles-ci doivent être exclusivement réalisées par des praticiens suffisamment formés exerçant dans des locaux adaptés à une activité chirurgicale performante et sûre.

C'est donc en un compromis entre sécurité et célérité que se définit la piézochirurgie. Toutefois il faut garder à l'esprit que nous ne sommes qu'au début de la diffusion de cette instrumentation. Des progrès restent à faire dans le domaine de la solidité des inserts, dont l'usure est rapide et dans le domaine de l'efficacité de coupe. Des générateurs plus puissants ont vu le jour mais sont d'un coût trop élevé pour le moment. Les études à venir et le recul clinique permettront dans peu de temps d'avoir une idée plus précise sur les bienfaits ou les méfaits de la piézochirurgie à long terme.

## 9. TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : REPARTITION DES DIPOLES ELEMENTAIRES DANS UN CORPS : (A) ISOTROPE, (B) ANISOTROPE. ....	3
FIGURE 2 : DEFORMATION D'UN CRISTAL ISOTROPE, D'APRES ENCYCLOPEDIA UNIVERSALIS 2004 [67].....	4
FIGURE 3 : DEFORMATION D'UN CRISTAL ANISOTROPE, D'APRES ENCYCLOPEDIA UNIVERSALIS 2004 [67].....	4
FIGURE 4 : STRUCTURE D'UN CRISTAL D'UNE CERAMIQUE PIEZOELECTRIQUE TRADITIONNELLE, (A) TEMPERATURE AU DESSUS DU POINT DE CURIE, (B) TEMPERATURE EN DESSOUS DU POINT DE CURIE D'APRES APC LDT. [69] .....	5
FIGURE 5 : FORMATION DU BROUILLARD DE CAVITATION D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004, [37].....	9
FIGURE 6 : PIEZOSURGERY® : A) VERSION 1, B) VERSION 2.....	10
FIGURE 7 : PIEZOTOME®.....	11
FIGURE 8 : PIEZON-MASTER-SURGERY®.....	11
FIGURE 9 : DESCRIPTIF PIEZOSURGERY®.....	12
FIGURE 10 : GAMME D'INSERTS SURGYSONIC®.....	14
FIGURE 11 : KIT A USAGE PARODONTAL.....	15
FIGURE 12 : KIT D'AVULSION.....	16
FIGURE 13 : KIT DE BASE.....	16
FIGURE 14 : KIT POUR SINUS LIFT.....	17
FIGURE 15 : INSERTS BS 2 (SATELEC®).....	17
FIGURE 16 : SCHEMA EN TRANSPARENCE DE LA PIECE A MAIN D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [37].....	18
FIGURE 17 : BAC DE RANGEMENT PIEZOTOME®.....	19
FIGURE 18 : FORCE LONGITUDINALE D'UN BISTOURI ULTRASONORE ET D'UNE FRAISE (ECART TYPES=1) D'APRES KHAMBAY ET WALMSLEY [33].....	22
FIGURE 19 : PRESSION EXERCEE PAR UNE FRAISE ET UN BISTOURI ULTRASONORE (ECART TYPES=1) D'APRES KHAMBAY ET WALMSLEY [33].....	22
FIGURE 20 : VITESSE DE PROGRESSION POUR CHAQUE CLINICIEN AVEC UN BISTOURI ULTRASONORE ET UNE PIECE A MAIN. (ÉCART TYPES=1) D'APRES KHAMBAY ET WALMSLEY [33].....	23
FIGURE 21 : TAUX D'ENLEVEMENT OSSEUX D'APRES ARK ET COLL. [4].....	26
FIGURE 22 : RELEVÉ DE TEMPERATURE MAXIMALE D'APRES ARK ET COLL. [4].....	26
FIGURE 23 : ETAT DE LA SURFACE OSSEUSE OBSERVEE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE : (A) PIEZOSURGERY; (B) FRAISE DE LINDMANN; (C) SCIE A OSCILLATIONS. D'APRES EGGERS ET COLL., 2004, [21].....	30
FIGURE 24 : COUPE DE TISSU OSSEUX APRES OSTEOTOMIE AVEC :.....	30
FIGURE 25 : (A) BARRE D'ERREUR DE LA TAILLE DES COPEAUX DANS LES DEUX GROUPES (INTERVALLE DE CONFIANCE 95%). (B) HISTOGRAMME DE LA TAILLE DES COPEAUX : PIEZOSURGERY® (µM). (C) HISTOGRAMME DE LA TAILLE DES COPEAUX : FRAISE SUR PIECE A MAIN. (µM) D'APRES CHIRIAC ET AL. (2005, [17]).....	32
FIGURE 26 : OSTEOTOMIE D'ACCES AVEC L'INSERT OP 3 D'APRES MECTRON® [68].....	34
FIGURE 27 : CHAMP OPERATOIRE EXEMPT DE SANG D'APRES MECTRON® [68].....	34
FIGURE 28 : ABLATION DU TISSU INFLAMMATOIRE D'APRES MECTRON® [68].....	34
FIGURE 29 : OBTURATION RETROGRADE D'APRES MECTRON® [68].....	34
FIGURE 30 : FERMETURE APICAL DE LA RACINE D'APRES MECTRON® [68].....	35
FIGURE 31 : RADIOGRAPHIE PRE-OPERATOIRE PUIS CONTROLE A 3 MOIS D'APRES MECTRON® [68].....	35

FIGURE 32 : POCHE INFRA-OSSEUSE A TROIS MURS APRES CURETAGE DU TISSU DE GRANULATION. D'APRES BOIOLI ET COLL., 2004[10] .....	38
FIGURE 33 : PRELEVEMENT DE COPEAUX A PROXIMITE DU DEFAUT. D'APRES BOIOLI ET COLL., 2004 [10].....	38
FIGURE 34 : REMPLISSAGE A L'AIDE DES COPEAUX RECOLTES. D'APRES BOIOLI ET COLL., 2004 [10].....	39
FIGURE 35 : COPEAUX PLACES DANS LE DEFAUT OSSEUX AVANT FERMETURE DU SITE. D'APRES BOIOLI ET COLL., 2004 [10].....	39
FIGURE 36 : CI-CONTRE UNE FENETRE OSSEUSE REALISEE AVEC DES INSERTS PIEZOELECTRIQUES A OSTEOTOMIE, METTANT EN EVIDENCE LA RACINE RESIDUELLE D'UNE 46 EN RAPPORT DE PROXIMITE INTIME AVEC LE NERF ALVEOLAIRE. D'APRES STUBINGER ET COLL., 2005 [56].....	41
FIGURE 37 : TRAIT DE COUPE AUTOUR DE LA DENT 13.....	41
FIGURE 38 : A GAUCHE LA DENT N°13 ATTAQUEE PAR L'INSERT, A DROITE LA DENT N°23, INTACTE. ....	42
FIGURE 39 : LEVEE DU LAMBEAU MUCOPERIOSTE. D'APRES GRENGA ET BOVI, 2000 [26].....	43
FIGURE 40 : DEGAGEMENT DE LA PAROI OSSEUSE COUVRANT LA CANINE. D'APRES GRENGA ET BOVI, 2000 [26]	43
FIGURE 41 : MISE EN EVIDENCE DE LA COURONNE. D'APRES GRENGA ET BOVI, 2000 [26].....	44
FIGURE 42 : ABLATION DU SAC FOLLICULAIRE. D'APRES GRENGA ET BOVI, 2000 [26].....	44
FIGURE 43 : CREATION DU TUNNEL OSSEUX. D'APRES GRENGA ET BOVI, 2000 [26].....	44
FIGURE 44 : TUNNEL TERMINE D'APRES GRENGA ET BOVI, 2000 [26].....	44
FIGURE 45 : ATTACHE ORTHODONTIQUE SCELEE ET RELIEE A L'APPAREIL MULTI-ATTACHE POUR LA TRACTION. [26].....	45
FIGURE 46 : TRACE DES TRANCHEES DE PART ET D'AUTRE DE L'IMPLANT. D'APRES CHAVANAAN ET COLL., 1995 [18].....	47
FIGURE 47 : SITE OSSEUX APRES DEPOSE DE L'IMPLANT. D'APRES CHAVANAAN ET COLL., 1995 [18].....	47
FIGURE 48 : CRETE EDENTEE EN DEBUT D'INTERVENTION. L'EPAISSEUR CRESTALE EST MESUREE AVEC UNE SONDE PARODONTALE ENTRE 2,2 ET 2,8 MM. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	51
FIGURE 49 : CRETE EDENTEE APRES UNE LEGERE OSTEOPLASTIE POUR NIVELER LA SURFACE. LE LAMBEAU, D'EPAISSEUR TOTALE AU DEBUT, PASSE EN EPAISSEUR PARTIELLE POUR MAINTENIR L'INTEGRITE DU PERIOSTE SUR LES MURS OSSEUX PALATIN ET VESTIBULAIRE. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	51
FIGURE 50 : VUE LATERALE SUR LAQUELLE ON VOIT LE LAMBEAU MIXTE AINSI QUE LE PERIOSTE RECOUVRANT LA CORTICALE VESTIBULAIRE. UN SCALPEL UTRASONORE EST UTILISE POUR OUVRIR LA CRETE SUR SON SOMMET. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	51
FIGURE 51 : L'INCISION PRINCIPALE AU CENTRE DE CRETE EST ACCOMPAGNEE DE DEUX INCISIONS DE DECHARGE, UN MESIALE, UNE DISTALE.ON PEUT REMARQUER LA FINESSE DU TRAIT DE COUPE. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	51
FIGURE 52 : LA CRETE APRES L'UTILISATION D'UN SECOND INSERT PIEZOELECTRIQUE : LE MUR CORTICAL VESTIBULAIRE A ETE SEPRE DU PALATIN SUIVANT LA TECHNIQUE DU VOLET OSSEUX. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	51
FIGURE 53 : SITES IMPLANTAIRES CREES AVEC UN FORET 2 MM SUIVIT D'UN OSTEOTOME PIEZOELECTRIQUE. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	52
FIGURE 54 : VUE SUPERIEURE DE LA CRETE ELARGIE APRES MISE EN PLACE DES IMPLANTS. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	52
FIGURE 55 : VUE DE FACE DES IMPLANTS : ON REMARQUE L'INTEGRITE DU MUR OSSEUX VESTIBULAIRE, SANS DEHISCENCE NI FENESTRATION. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	52
FIGURE 56 : VUE DE LA CRETE DONT LES DEUX VOLETS SONT MAINTENUS PAR LES IMPLANTS. UN INSERT PIEZOELECTRIQUE EST UTILISE POUR CREE DE PETITS TROUS DANS LES CORTICALES VESTIBULAIRE ET PALATINE AFIN DE FAVORISER LE SAIGNEMENT DANS LE SITE CHIRURGICAL. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].....	52

FIGURE 57 : LES IMPLANTS SONT EN PLACE ET LE SITE EST REMPLI AVEC LE MELANGE D'OS ET DE MATERIAU, PUIS FOULE. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].	53
FIGURE 58 : LA CRETE EST RECOUVERTE D'UNE MEMBRANE DE PRP. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].	53
FIGURE 59 : ASPECT DE LA CRETE APRES TROIS MOIS. ON DEVINE LES IMPLANTS EN POSITION VESTIBULAIRE. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].	53
FIGURE 60 : VUE DE LA CRETE DONT L'EPAISSEUR EST STABILISEE A 5 MM AVEC UNE BONNE MINERALISATION DES MATERIAUX DE COMPLEMENT. LA CONSISTANCE EST ACCEPTABLE ET LES IMPLANTS STABLES. D'APRES VERCELLOTTI, 2000 [60].	53
FIGURE 61 : INCISIONS OSSEUSES D'APRES VERCELLOTTI [68].	57
FIGURE 62 : FIN DE L'OSTEOTOMIE AVEC DISTRACTEUR EN PLACE, D'APRES VERCELLOTTI [68].	57
FIGURE 63 : VALIDATION DE LA LIBERTE DE MOUVEMENT DU BLOC OSSEUX, D'APRES VERCELLOTTI [68].	57
FIGURE 64 : DISTRACTEUR EN POSITION DE DEPART, COMPLEMENT DES TRAITS D'OSTEOTOMIE, D'APRES VERCELLOTTI [68].	57
FIGURE 65 : PRELEVEMENT PARIETAL, D'APRES KOTRICOVA ET COLL., 2006 [35].	62
FIGURE 66 : GREFFON OSSEUX AUX CONTOURS INCURVES, D'APRES KOTRICOVA ET COLL., 2006 [35].	62
FIGURE 67 : DESSIN DU GREFFON.	65
FIGURE 68 : GREFFON AVANT DETACHEMENT.	65
FIGURE 69 : COMPLEMENT DU SITE AVEC DU SURGICEL FIBRILAR®.	65
FIGURE 70 : SUTURES DU PLAN PROFOND.	66
FIGURE 71 : SUTURES MUQUEUSES VICRYL.	66
FIGURE 72 : ACCES AU SITE ET SUTURE DU LAMBEAU INTERNE, D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [38].	68
FIGURE 73 : OSTEOTOMIE CRESTALE, D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [38].	68
FIGURE 74 : DETACHEMENT DU GREFFON A L'AIDE D'UN CISEAU A OS, D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [38].	68
FIGURE 75 : GREFFON DE TAILLE MOYENNE, D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [38].	68
FIGURE 76 : PANORAMIQUE DENTAIRE POUR LA MISE EN PLACE DU PLAN DE TRAITEMENT.	73
FIGURE 77 : FENETRE OSSEUSE.	75
FIGURE 78 : DEBUT DU DECOLLEMENT.	75
FIGURE 79 : SOULEVEMENT TERMINE.	75
FIGURE 80 : CAVITE EN COURS DE COMPLEMENT.	76
FIGURE 81 : CAVITE COMBLEE.	76
FIGURE 82 : PRF EN PLACE.	76
FIGURE 83 : SITE EN FIN D'INTERVENTION.	76
FIGURE 84 : OPT POST OPERATOIRE.	77
FIGURE 85 : MEMBRANE SOULEVEE, PERFORATION CIRCONSCRITE.	77
FIGURE 86 : OSTEOTOMIE VERTICALE, D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [38].	82
FIGURE 87 : DEGAGEMENT DU NERF ALVEOLAIRE, D'APRES LECLERC ET DOHAN, 2004 [38].	82
FIGURE 88 : OSTEOTOMIE INTERDETAIRE, D'APRES ROBIONY ET COLL., 2004 [51].	84
FIGURE 89 : OSTEOTOMIE FRONTALE DU MAXILLAIRE, D'APRES ROBIONY ET COLL., 2004 [51].	85
FIGURE 90 : LE MUQUEUSE PALATUINE NE MONTRE PAS DE FIGNE DE SOUFFRANCE, D'APRES ROBIONY ET COLL., 2004 [51].	85
FIGURE 91 : OSTEOTOMIE SAGITTALE D'OBWEGESER, D'APRES GRUBER ET COLL., 2005 [27].	85

## 10. BIBLIOGRAPHIE

1. **AIMETTI M., ROMAGNOLI R., RICCI G., MASSEI G.**  
*Elévation du sinus. maxillaire : effets des macro et micro-déchirures de la membrane sinusienne observées par endoscopie.*  
Int. J. Periodontics Restorative Dent., 2001, 21 (6), 581-589.
2. **ANTOUN H., MISCH C., DIETSH F., FEGHALI M.A.**  
*Augmentation de crête par greffe osseuse prélevée à la symphyse mentonnière.*  
Journal de parodontologie, 1995, 14 (3), 285-294.
3. **ARDEKIAN L., OVED-PELEG E., MACTEI E. E., PELED M.**  
*The clinical signifiacnce of sinus membrane perforation during augmentation if the maxillary sinus.*  
J. Oral Maxillofac. Surg., 2006, 64, 277-282.
4. **ARK T.W., NEAL J. G., THACKER J. G. and EDLICH R.F.**  
*Influence of Irrigation Solutions on Oscillating Bone Saw Blade Performance.*  
J. Biomed. Mater. Res., 1998, 43 (2), 108-112.
5. **BANKS H.H.**  
*The healing of intra articular fractures.*  
Clin. Orthop., 1965, 40, 17-29.
6. **BASA S.**  
*Alternative bone expansion technique for immediate placement of implants in the edentulous posterior mandibular ridge : a clinical report.*  
Int. J. Oral Maxillofac. Implants. 2004, 19, 554-558.
7. **BASSET C.A.L., HERMANN L.**  
*Influence of oxygene concentration and mechanical factors in differenciation of connective tissues in vivo.*  
Nature, 1961, 190, 460-461.
8. **BLOCK M.S., CHANG A., CRAWFORD C.**  
*Mandibular alveolar ridge augmentation in the dog using distraction osteogenesis.*  
J. Oral Maxillofac. Surg., 1996, 54, 309-314.
9. **BLUS C. et SZMUKLER-MONCLER S.**  
*Split-crest and immediate implant placement with ultra-sonic bone surgery: a 3- year life-table analysis with 230 treated sites.*  
Clin. Oral Impl. Res., 2006, 17 (6), 700-707.
10. **BOIOLI L.T., VERCELLOTTI T., TECUCIANU J.F.**  
*La chirurgie piézoélectrique. Une alternative aux techniques classiques de chirurgie osseuse.*  
Inf. Dent. 2004, 86 (41), 2887-2893.

11. **BOIOLI L.T., VERCELLOTTI T., TECUCIANU J.F., ETRUILLARD P.**  
*Piézochirurgie et aménagement osseux pré-implantaires : greffes par apposition de blocs d'os autogène avec prélèvement ramique.*  
 Implant., 2005, 11 (4), 261-273.
  
12. **BOURREL LUCAS M., CEGARRA MARIN C.**  
*La piézochirurgie : utile ou effet de mode ?*  
 Mem. : Dent : Creteil (Paris XII)
  
13. **BRISMAN DL.**  
*The effect of speed, pressure, and time on bone temperature during the drilling of implant sites.*  
 Int. J Oral Maxillofac. Implants, 1996, 11 (1), 35-37.
  
14. **BRUJAN EA**  
*The role of cavitation microjets in the therapeutic applications of ultrasound*  
 Ultrasound Med. Biol., 2004, 30, 381-387.
  
15. **BUSER D., INGIMARSSON S., DULA K., LUSSI A., et coll.**  
*Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: a 5-year prospective study in partially edentulous patients*  
 Int. J. Periodontics Res.Dent., 2002, 22 (2), 109-117.
  
16. **CHANAVAZ M. DONAZZAN M, FERRI J. TATUM H. FRANCKE J.P, FENART R. :**  
*Complements sinusaux, bilan statistique de 15 années d'expérience chirurgicale (1979-1994)*  
 Rev. Stomato. Chir. Maxillofac. , 1995, 96 (4), 267-274.
  
17. **CHIRIAC G., HERTEN M., SCHWARZ F. , ROTHAMEL D. , BECKER J.**  
*Autogenous bone chips: influence of a new piezoelectric device (Piezosurgery) on chip morphology, cell viability and differentiation.*  
 J. Clin. Periodontol. 2005, 32, 994-999.
  
18. **CHOUKROUN J., BELVEZE C, GIRARD MO., ROCHE J.L. et coll.**  
*Sinus-lifts: comment éviter la contamination per-opératoire systématique?*  
 Implantodontie, 2004, 13, 131-135.
  
19. **CUGINI M.A., HAFFAJEE A.D., SMITH C., KENT R.L.Jr, SOCRANSKY S.S.**  
*The effect of scaling and root planning on the clinical and microbiological parameters of periodontal diseases: 12 month results.*  
 J. Clin. Periodontol, 2000, 27, 30-36.
  
20. **DAVARPANA M. et al.**  
*Manuel d'implantologie clinique*  
 Rueil-Malmaison : CdP, 1999, 338p.

- 21. EGGERS G., KLEIN J., BLANK J., HASSFELD S.**  
*Piezosurgery : an ultrasound device for cutting bone and its use limitation in maxillofacial surgery.*  
 Br. J. Oral Maxillofac. Surg., 2004, 42, 451-453
- 22. ENGELKE W.G, DIEDERICHS C.G, JACOBS H.G, DECKWER I.**  
*Alveolar reconstruction with splitting osteotomy and microfixation of implants*  
 Int. J. Oral. Maxillofac. Implants, 1997, 12 (3), 310-318.
- 23. FERRIGNO N., LAURETI M., FANALI S.**  
*Inferior nerve transposition in conjunction with implant placement.*  
 Int. J. Oral Maxillofac. Implants, 2005, 20 (4), 610-620.
- 24. FRIBERG B., JEMT T., LEKHOLM U.**  
*Early failures in 4641 consecutively placed Bränmark dental implants : a study from stage 1 surgery to the connection of completed protheses.*  
 Int. J Oral Maxillofac. Implants, 1991, 6,142-146.
- 25. GARG Arun K.**  
*Bone biology, Harvesting, and Grafting for Dental implants : Rationale and Clinical Applications*  
 Chicago : Quintessence Pub., 2004, 1 vol., 279 p.
- 26. GRENGA V. et BOVI M.**  
*Piezoelectric Surgery for Exposure of Palatally Impacted Canines.*  
 J. of clin. Orthodontics, 2000, 38 (8), 446-448.
- 27. GRUBER R. M., KRAMER F.-J., MERTEN H.-A., SCHLIEPHAKE. H.**  
*Ultrasonic surgery—an alternative way in orthognathic surgery of the mandible. A pilot study.*  
 J. Oral Maxillofac. Surg. 2005, 34 , 590–593.
- 28. HOBKIRK, J. A. & RUSINIAK, K.**  
*Metallic contamination of bone during drilling procedures.*  
 J. Oral Surg., 1978, 36, 356–360.
- 29. HORI M., SATO T., KANEKO K., OKAUE M., MATSUMOTO M., SATO H., TANAKA H.**  
*Neurosensory function and implant survival rate following implant placement with nerve transposition : a case study.*  
 J. Oral Sci., 2001, 43 (2), 139-144.
- 30. HORTON J.E. ,TARPLEY T.M. Jr and wood L.D.**  
*The healing of surgical defects in alveolar bone produced with ultrasonic instrumentation, chisel and rotary bur.*  
 Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 1975, 39 (4) , 536-546.

- 31. HORTON J.E., TARPLEY T.M. Jr. And JACOWAY J.R.**  
*Clinical application of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone.*  
 Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 1981, 51 (3) , 236-242. 41
- 32. KATZIR S.**  
*The Discovery of the Piezoelectric Effect*  
 Arch. Hist. Exact Sci., 2003, 57, (1), 61-91. 774
- 33. KHAMBAY B.S., WALMSLEY A.D.**  
*Investigations into use of an ultrasonic chisel to cut bone. Part 1 :forces applied by clinicians*  
 J. Dent., 2000, 28, 31-37.
- 34. KHAMBAY B.S., WALMSLEY A.D.**  
*Investigations into use of an ultrasonic chisel to cut bone. Part 2 : cutting ability*  
 J. Dent., 2000, 28, 39-44.
- 35. KOTRIKOVA B., WIRTZ R., KREMPIEN R. ,BLANK J. , EGGERS G. , SAMIOTIS, MUHLING J.**  
*Piezosurgery—a new safe technique in cranial osteoplasty?*  
 Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 2006, 35, 461-465.
- 36. LAMBRECHT T. L.**  
*La piézochirurgie intraorale*  
 Schweiz Monatsschr Zahnmed., 2004, 114 (1), 34-36.
- 37. LECLERCQ P., DOHAN D.**  
*De l'intérêt du bistouri ultrasonore en implantologie : technologies, applications cliniques. Ire partie : technologies.*  
 Implantodontie, 2004, 13 (3), 151–157
- 38. LECLERCQ P., DOHAN D.**  
*De l'intérêt du bistouri ultrasonore en implantologie : technologies, applications cliniques. 2ème partie : applications cliniques.*  
 Implantodontie, 2004, 13 (3), 159-165
- 39. LEKHOLM.U, ZARB.GA.**  
*Prothèses ostéo-intégrées - L'ostéo-intégration enpratique clinique. Sélection et préparation du patient.*  
 Paris: CdP; 1988; pp 199-208.
- 40. LOHSE E., SCHMITZ B. & VERSLUIS M.**  
*Snapping shrimp make flashing bubbles.*  
 Nature Oct 2001, 413, 477 – 478.
- 41. LOOS B., KIGER R. and EGELBERG J.**  
*An evaluation of basic periodontal therapy using sonic and ultrasonic scalers.*  
 J. Clin. Periodontol., 1987, 14 (1) , 29-33.

- 42. MAKSOU D M.A.**  
*Complications after maxillary sinus implantation.*  
Implant. Dent, 2001, 10 (3), 39-44.
- 43. MATTOU D P. et MATTOU D C.**  
*Les thérapeutiques parodontales et implantaaires.*  
Paris, Quintessence International, 2003, 496p.
- 44. MATTOU D C., MATTOU D P., CHEYNET F.**  
*Greffes sous sinusiennes : le point sur la question*  
Inf. Dent., 2005, 13,747-753
- 45. MORRISO A., CHIAROT M., KIRBY S.**  
*Mental nerve functions after inferior alveolar nerve transposition for placement of dental implants.*  
J. Can. Dent. Assoc., 2002,68 (1) ,46-50.
- 46. PARANQUE A. R., F. DENHEZ F., BEY E., GOUZIEN G., CANTALOUBE D.**  
*Distraction alvéolaire des secteurs postérieurs mandibulaires : à propos d'un cas clinique.*  
Implantodontie, 2004, 13, 45-50.
- 47. PIKOS M.A.**  
*Maxillary sinus membrane repair.*  
Implant Dent., 1999, 8 (1), 29-34.
- 48. POLITI M., TORO C. et al.**  
*Améliorations esthétiques du tiers facial médian en chirurgie orthognathique.*  
Int; J. Orthod. 2005,3,35-56. x24
- 49. REY J.P.**  
*Piézochirurgie et élévation du plancher sinusien.*  
Implntodontie, 2002,5, 49-5473
- 50. REY J.P.**  
*Physiologie de la guérison d'une greffe d'élévation de sinus.*  
Les cahiers de prothèse, Oct 1994; n° 4 hors série, p 5-18.
- 51. ROBIONY M., POLINI F., COSTA F.,VERCELLOTTI T., and POLITI M.**  
*Piezoelectric bone cutting in multipiece maxillary osteotomies.*  
J. Oral Maxillofac.Surg., 2004, 62 (6) , 759-761." 24
- 52. ROSENQUIST B.**  
*Mise en place d'implant après transposition du nerf mandibulaire.*  
Implant, 1 (1), 1995, 51-59.
- 53. SAUTIER J.M., LOTY C., LOTY S.**  
*Biologie de la réparation osseuse.*  
Inf. Dent., n° 38, Nov.1995, 2955-2960.

- 54. SHAPOFF, C. A., BOWERS, G. M., LEVY, B. et coll.**  
*The effect of particle size on the osteogenic activity of composite grafts of allogeneic freeze-dried bone and autogenous marrow.*  
 J.Periodontol., 1980, 51, 625–630." 32
- 55. SIERVO S, RUGGLI-MILIC SASCHA, RADICI M, SIERVO P, JAGER KURT.**  
*Piézochirurgie intraorale. Une méthode alternative ménageant les tissus mous.*  
 Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2004, 114(4), 365-377
- 56. STUBINGER S., KUTTENBERGER J., FILIPPI A. ET coll.**  
*Intraoral Piezosurgery: Preliminary Results of a New Technique.*  
 J. Oral Maxillofac.Surg., 2005, 63 , 1283-1287.
- 57. SUMMERS R.B.**  
*The osteotome technique : Part 2 - The ridge expansion osteotomy (REO) procedure.*  
 Compendium 1994 ;15 : 422-426.
- 58. TORRELLA F., PITARCH J., CABANES G., and ANITUA E.**  
*Ultrasonic Osteotomy for the Surgical Approach of the Maxillary Sinus: A Technical Note*  
 Int. J. Oral Maxillofac. Implants, 1998, 13 (5), 697-700.
- 59. TULASNE J.-F., ANDREANI J.-F.**  
*Les greffes osseuses en implantologie.-1ère Edition*  
 Paris : Quintessence International, 2005.-1, 117.-Réussir
- 60. VERCELLOTTI T.**  
*Piezoelectric Surgery in Implantology: A Case Report—A New Piezoelectric Ridge Expansion Technique.*  
 Int. J. Periodontics Res. Dent., 2000, 20 (4), 358-365.
- 61. VERCELLOTTI T., CROVACE A, PALERMO A, MOLFETTA A**  
*The piezoelectrique osteotomy in orthopeics. Clinical and histological evaluations (pilot study in animals)*  
 Medit. J. Surg. Med., 2001, 9 (4), 89-96.
- 62. VERCELLOTTI T., DE PAOLI S., and NEVINS M.**  
*The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation : introduction of new technique for simplification of the sinus augmentation procedure.*  
 Int. J. Periodontics Res. Dent., 2001, 21 (6), 561-567.
- 63. WACHTER R. and STOLL P.**  
*Increase of temperature during osteotomy : in vitro and in vivo investigations.*  
 Int. J. Oral Maxillofac. Surg., 1991, 20 (4), 245-249.
- 64. WOO I., LE B.T.**  
*Maxillary sinus floor elevation : review of anatomy and two techniques.*  
 Implant Dent., 2004, 13 (1), 28-32.

- 65. YOSHIKAWA G., MURASHIMA Y., WADACHI R. et coll.**  
*Guided bone regeneration using membranes and calcim sulphate after apicoectomy a comparative histomorphometrical study.*  
Int. Endod. J., 2002, 35, 255-263
- 66. YOSHIMOTO M., ALLEGRINI S., et al.**  
*Bone healing after the inferior alveolar nerve lateralization : a histologic study in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*).*  
J. Oral Maxillofac. Surg., 2004, 62 (2),131-135.
- 67. La piézoélectricité.**  
In Encyclopedia Universalis (2004) [CD-ROM]  
Encyclopedia Universalis. Version 10.5
- 68. PIEZOSURGERY (2006) [CD ROM]**  
PIEZOSURGERY® MECTRON®
- 69. APC International Ltd. (10/09/2006).**  
Piezoelectricity,  
[en ligne].[http://www.americanpiezo.com/piezo\\_theory/index.html](http://www.americanpiezo.com/piezo_theory/index.html)
- 70. GUYOT L. (12/09/2006)**  
Association des jeunes chirurgiens maxillo-faciaux  
[enligne] <http://afjcmf.free.fr>
- 71. VERCELLOTTI T., RUSSO C., GIANOTTI S. (11/10/06)**  
A New Piezoelectric Ridge Expansion Technique in the Lower Arch : A Case Report  
World dentistry 2001, 1 (2)  
[enligne]<http://www.worlddent.com/2001/05/articles/vercellotit.xml?page=References>
- 72. VERCELLOTTI T. (4/05/2005)**  
La Chirurgia Orale Piezoelettrica  
[enligne] <http://www.chirurgiaoraleonline.it>

## **11. REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier tout particulièrement des personnes qui nous ont aidés avec sincérité dans ce travail:

Monsieur le Dr Molé (Nancy), pour son soutien, son enseignement, ses invitations aux interventions, ses cas cliniques.

Monsieur le Dr Desnoyers (Nancy), ses encouragements et la mise à disposition de ses photos et documents radiographiques.

Monsieur le Dr Pongas (CHU – Nancy), pour ses photos de cas clinique.

Mlle Sourdot (CHU – Nancy), pour son cas clinique et son sourire pendant ces années de fac ensemble.

Mlle Conreaux (Faculté d'Odontologie – Nancy), pour sa participation au cas clinique et ses photos.

Mme Froment (Faculté d'Odontologie – Nancy), pour avoir toujours fait au mieux avec des étudiants pas toujours sérieux (comme nous ?) afin qu'ils puissent passer leur thèse en temps voulu.

M. Thevenot (un ami), pour avoir portée ma demande de sujet de thèse à l'heure.

M. Magraner (Papa bis), pour une partie des corrections de français et surtout la position des virgules.

# 12. TABLE DES MATIERES

<b>1.</b>	<b><u>INTRODUCTION .....</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>PIEZOELECTRICITE .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
2.1	HISTORIQUE.....	2
2.2	PROPRIETES PHYSIQUES.....	3
2.2.1	DEFINITION .....	3
2.2.2	MATERIAUX PIEZOELECTRIQUES.....	3
2.2.3	PHENOMENE DE RESONNANCE .....	6
2.3	LES ULTRASON.....	6
2.3.1	GENERATION .....	6
2.3.2	CARACTERISTIQUES.....	7
2.3.3	CAVITATION .....	7
2.3.3.1	Nature du phénomène.....	7
2.3.3.2	Manifestation en piézochirurgie.....	9
<b>3.</b>	<b><u>MATERIEL.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
3.1	LE GENERATEUR.....	10
3.1.1	DESCRIPTION .....	10
3.1.2	FONCTIONS .....	12
3.2	LES INSERTS.....	13
3.2.1	REVETEMENTS.....	14
3.2.1.1	Acier.....	14
3.2.1.2	Alliage recouvert de Nitrure de Titane (TiN).....	14
3.2.1.3	Alliage recouvert de Nitrure de Titane et diamanté .....	15
3.2.2	DIFFERENTS KITS .....	15
3.2.2.1	Chirurgie parodontale.....	15
3.2.2.2	Kit d'avulsion.....	15
3.2.2.3	Chirurgie osseuse .....	16
3.2.2.4	Comblement sinusien .....	17
3.2.2.5	Autres inserts.....	17
3.3	LA PIECE A MAIN.....	18
3.4	INSTALLATION ET ENTRETIEN.....	19
3.4.1	MISE EN PLACE .....	19
3.4.2	NETTOYAGE, DECONTAMINATION.....	19

<b>4.</b>	<b><u>EVALUATION DES PERFORMANCES.....</u></b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>EFFET DE COUPE .....</b>	<b>21</b>
4.1.1	LARGEUR D'INCISION .....	21
4.1.2	EFFICACITE .....	21
4.1.2.1	Protocole .....	21
4.1.2.2	Direction des forces.....	22
4.1.2.3	Vitesse de progression.....	23
<b>4.2</b>	<b>ELEVATION DE TEMPERATURE .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b>IRRIGATION .....</b>	<b>25</b>
4.3.1	GENERALITES .....	25
4.3.2	EVALUATION EN PIEZOCHIRURGIE .....	25
4.3.3	INFLUENCE SUR LE RENDEMENT.....	26
<b>4.4</b>	<b>REPONSE DU TISSUS OSSEUX .....</b>	<b>27</b>
4.4.1	GENERALITES .....	27
4.4.1.1	Définitions.....	27
4.4.1.1.1	<i>Ostéo-conduction</i> .....	27
4.4.1.1.2	<i>Ostéo-induction</i> .....	27
4.4.1.1.3	<i>Ostéogenèse</i> .....	27
4.4.1.2	Physiologie de la guérison du tissu osseux.....	27
4.4.1.3	Prélèvements osseux et survie cellulaire.....	28
4.4.2	EVALUATION HISTOPHYSIOLOGIQUE.....	29
4.4.2.1	Sur l'os dur.....	29
4.4.2.2	Sur broyat osseux .....	31
<b>5.</b>	<b><u>UTILISATION CLINIQUE EN ODONTOLOGIE.....</u></b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>UN NOUVEL INSTRUMENT.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>CHIRURGIE ENDODONTIQUE.....</b>	<b>33</b>
5.2.1	INDICATIONS.....	33
5.2.2	TECHNIQUE OPERATOIRE.....	34
5.2.3	APPORT DE LA PIEZOCHIRURGIE.....	35
<b>5.3</b>	<b>THERAPEUTIQUE ET CHIRURGIE PARODONTALE.....</b>	<b>36</b>
5.3.1	INTRODUCTION.....	36
5.3.2	CHIRURGIE DE SOUSTRACTION.....	37
5.3.3	CHIRURGIE PAR ADDITION.....	38
<b>5.4</b>	<b>CHIRURGIE EXODONTIQUE.....</b>	<b>39</b>
5.4.1	AVULSION DENTAIRE.....	40
5.4.1.1	Cas Cliniques. ....	40
5.4.1.1.1	<i>Exemple de récupération d'une racine résiduelle</i> .....	40

5.4.1.1.2	<i>Exemple d'avulsion de canines en vue d'implantation – Chirurgie réalisée par Mlle Sourdot (CHU - Nancy)</i> .....	41
5.4.2	CAS D'UNE DENT DE SAGESSE .....	42
5.4.3	CAS D'UNE CANINE INCLUSE .....	43
5.4.3.1	Introduction .....	43
5.4.3.2	Technique opératoire.....	43
<b>6.</b>	<b><u>UTILISATION EN CHIRURGIE IMPLANTAIRE.....</u></b>	<b>46</b>
<b>6.1</b>	<b>DEPOSE D'IMPLANTS .....</b>	<b>46</b>
6.1.1	INDICATIONS.....	46
6.1.2	TECHNIQUE OPERATOIRE.....	46
<b>6.2</b>	<b>GESTION DU TISSU OSSEUX PERI-IMPLANTAIRE.....</b>	<b>47</b>
6.2.1	INTRODUCTION .....	47
6.2.2	REGENERATION OSSEUSE GUIDEE .....	48
6.2.2.1	Principe biologique .....	48
6.2.2.2	Indications .....	48
6.2.2.3	Technique chirurgicale.....	49
6.2.3	EXPANSION DE CRETE.....	49
6.2.3.1	Introduction .....	49
6.2.3.2	Indications .....	49
6.2.3.3	Technique clinique.....	50
6.2.3.4	Apport de la piézochirurgie.....	54
6.2.4	DISTRACTION ALVEOLAIRE .....	54
6.2.4.1	Introduction .....	54
6.2.4.2	Indications .....	55
6.2.4.3	Procédure chirurgicale.....	56
6.2.4.4	Intérêts de la piézochirurgie .....	57
6.2.5	GREFFES D'APPOSITION D'OS AUTOGENE.....	58
6.2.5.1	Introduction .....	58
6.2.5.2	Les différents types de greffe .....	58
6.2.5.2.1	<i>Technique en onlay</i> .....	58
6.2.5.2.2	<i>Technique en inlay</i> .....	59
6.2.5.3	Les sites de prélèvements.....	59
6.2.5.3.1	<i>Les sites extra-buccaux</i> .....	59
6.2.5.3.2	<i>Les sites intra-buccaux</i> .....	59
6.2.5.4	Le prélèvement iliaque.....	60
6.2.5.5	Le prélèvement pariétal.....	61
6.2.5.5.1	<i>Généralités</i> .....	61
6.2.5.5.2	<i>Technique chirurgicale</i> .....	61
6.2.5.5.3	<i>Une place pour la piézochirurgie</i> .....	62
6.2.5.6	Le prélèvement à la symphyse mentonnière .....	63
6.2.5.6.1	<i>Généralités</i> .....	63
6.2.5.6.2	<i>Technique opératoire</i> .....	64
6.2.5.6.3	<i>Apport de la piézochirurgie</i> .....	66
6.2.5.7	Le prélèvement ramique.....	66

6.2.5.7.1	<i>Généralités</i> .....	66
6.2.5.7.2	<i>Technique opératoire</i> .....	67
6.2.5.7.3	<i>Intérêt de la piézochirurgie</i> .....	69
6.2.6	COMBLEMENT OU ELEVATION DE SINUS .....	69
6.2.6.1	Introduction .....	69
6.2.6.2	Anatomie des sinus maxillaires .....	69
6.2.6.3	Technique chirurgicale .....	70
6.2.6.4	Complications .....	71
6.2.6.4.1	<i>Gestion du risque infectieux</i> : .....	72
6.2.6.4.2	<i>Perte du matériau de comblement</i> : .....	72
6.2.6.4.3	<i>Perforation de la membrane sinusienne</i> : .....	72
6.2.6.4.4	<i>Comblement surchargé</i> : .....	73
6.2.6.4.5	<i>Hémorragie</i> : .....	73
6.2.6.5	Cas clinique n°1 – Chirurgie : Dr Molé (Nancy), Prothèse : Dr Desnoyers (Nancy) .....	73
6.2.6.6	Cas clinique n°2 - Dr Molé (Nancy) .....	77
6.2.6.7	La piézochirurgie : une nouvelle approche. ....	78
6.3	<b>DEROUTEMENT DU NERF ALVEOLAIRE</b> .....	79
6.3.1	GENERALITES .....	79
6.3.1.1	Indications .....	80
6.3.1.2	Terminologie .....	80
6.3.2	TECHNIQUE CHIRURGICALE.....	81
6.3.3	EVALUATION AVEC LA PIEZOCHIRURGIE.....	81
<b>7.</b>	<b><u>CHIRURGIE ORTHOGNATIQUE</u></b> .....	<b>83</b>
7.1	INTRODUCTION .....	83
7.2	DEFINITION .....	83
7.3	UTILISATION DE LA PIEZOCHIRURGIE .....	84
7.3.1	OSTEOTOMIE DE LEFORT I.....	84
7.3.2	OSTEOTOMIE SAGITALE D'OBWEGESER .....	85
<b>8.</b>	<b><u>CONCLUSION</u></b> .....	<b>87</b>
<b>9.</b>	<b><u>TABLE DES ILLUSTRATIONS</u></b> .....	<b>89</b>
<b>10.</b>	<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b> .....	<b>92</b>
<b>11.</b>	<b><u>REMERCIEMENTS</u></b> .....	<b>99</b>
<b>12.</b>	<b><u>TABLE DES MATIERES</u></b> .....	<b>100</b>



FACULTE D'ODONTOLOGIE

Jury :     Président : A. FONTAINE – Professeur de 1<sup>er</sup> Grade  
          Juges :     JP LOUIS – Professeur des Universités  
                  G. PERROT – Assistant Hospitalier Universitaire  
                  C. MOLE – Docteur en Chirurgie Dentaire

Thèse pour obtenir le diplôme D'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

présentée par: **Monsieur MAILLOU Neil**

né(e) à:   **NANCY (Meurthe-et-Moselle)**

le **14 février 1980**

et ayant pour titre : **«La piezochirurgie »**

Le Président du jury,



A. FONTAINE



Le Doyen  
de la Faculté d'Odontologie  
Dr P. BRAVETTI  
BP 50208 - 54014 NANCY CEDEX  
UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ - NANCY 1

P. BRAVETTI

Autorise à soutenir et imprimer la thèse

2698

NANCY, le 18.01.2007

Le Président de l'Université Henri Poincaré, Nancy-1





