

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

† . Θ Λ . Π ξ † . Θ † Θ Κ Ο Θ † Η Ζ . ς Λ † † Η Γ Θ . †

ABOU BEKR BELK AID UNIVERSITY OF TLEMCEM

FACULTY OF MEDICINE - DR.B.BENZERDJEB

DENTAL MEDICINE DEPARTMENT



جامعة أبو بكر بلقايد

كلية الطب د. ب. بن زرجب - تلمسان

قسم طب الاسنان

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR**

**L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN MEDECINE DENTAIRE**

**Thème :**

**Apport de l'imagerie par ultrasons  
(échographies) dans le diagnostic positif et  
différentiel des lésions kystiques périapicales.  
(revue systématique de littérature 2023)**

Présenté par :

**SLIMANI Wafa**

**OULDJI Rafika**

**BOUZIDI Ikram**

**OTMANI Amina**

Soutenue publiquement le 20 Juin 2023

**Le Jury :**

**PR MESLIA**

Maitre de conférences A en pathologie et chirurgie buccales

**Président**

**PR KIES.H**

Maitre de conférences A en imagerie médicale

**Examineur**

**DR HIMER.B**

Maitre-assistante en odontologie conservatrice et endodontie

**Examineur**

**DR BOUDJELLAL.Y**

Maitre assistant en odontologie conservatrice et endodontie

**Encadrant**

Année universitaire 2022-2023

« Certes, il y'a des travaux pénibles ; mais la joie de la réussite  
n'a-t-elle pas à compenser nos douleurs ? »

Jean de la bruyère

# Remerciements

A notre Encadrant : Dr. BONDJELLAL. Y

Maitre-Assistant en O.C.E du CHU Tlemcen

C'est un immense honneur pour nous de vous avoir en tant  
qu'encadrant de notre thèse.

On vous exprime notre sincère reconnaissance pour la  
richesse de vos enseignements en Odontologie Conservatrice et  
Endodontie pendant nos études.

On vous remercie tout particulièrement pour les cours que vous  
avez dispensés et les précieux conseils que vous nous avez  
transmis.

Merci pour votre soutien tout au long de notre projet, pour tous  
vos efforts, votre patience ainsi pour votre disponibilité et pour la  
confiance que vous nous avez témoignée.

Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de notre respect et  
de notre profonde estime à votre égard.

*A notre Président de jury : PR. MESLIA*

*Maitre de conférences A en Pathologie et chirurgie Bucco-  
dentaire CHU Tlemcen*

*Vous nous faites un très grand honneur d'avoir accepté de présider  
notre jury de thèse.*

*On vous remercie pour votre pédagogie, pour la qualité de vos  
enseignements et également pour l'intérêt que vous portez à vos  
étudiants.*

*Veillez recevoir l'expression de notre gratitude, de notre estime  
et de notre plus profond respect.*

*A notre juge : Dr. HIMEUR.B*

*Maitre Assistante en D.C.E - CHU Tlemcen*

*Nous vous remercions d'avoir accepté de faire partie de ce jury.*

*Tu partages ton expérience et tes compétences aux étudiants avec bienveillance, patience et compréhension, ce qui t'honore et fait de toi une enseignante exceptionnelle.*

*Soyez assuré de notre gratitude et de notre profond respect à  
votre égard.*

*A notre Juge : Dr. KIES.H*

*Maitre de conférences B en imagerie médicale - CHU Tlemcen*

*Nous vous remercions d'avoir accepté de participer à ce jury et de  
l'intérêt que vous avez porté à notre travail.*

*Nous sommes sincèrement reconnaissantes d'avoir pu bénéficier  
de votre enseignement, de votre pédagogie et de votre  
bienveillance.*

*À titre personnel, sois sûre de notre profonde affection et de notre  
profonde gratitude.*

## *Dédicace*

*Je tiens à remercier tout d'abord tout le personnel et les enseignants de notre département qui ont contribué à ma formation pendant ces six années d'études. Merci à vous tous !*

*Je dédie cet ouvrage*

*A ma chère mère,*

*A mon cher père,*

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

*A mon adorable petite sœur « Nour », qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A mon frère « Djawed », mes cousines « Manel et Bouchra », mes grands-parents et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

*A la mémoire de ma chère grand-mère, Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !*

*A tous mes amis et mes collègues qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.*

*« Sihem »*

*Nous avons tout fait ensemble pendant cette année, je tenais à te remercier d'avoir partagé une amitié exceptionnelle et folle qui me fait toujours sourire et ne me laisse jamais tomber.*

*« Nesrine, Hanane »*

*J'ai eu la chance d'entrer en contact avec des personnes comme vous, J'apprécie votre amour, votre gentillesse et votre soutien. Merci !*

*« Ikram , Amina, Wafaa »*

*Un excellent collègue est une personne qui comprend que les objectifs de l'équipe sont plus importants que son égo...Alors je vous remercie !*

*Sans oublier mon binôme « Nassim » pour son soutien moral, et pour sa bonne humeur au quotidien. Je voulais tout simplement te dire ceci : MERCI ! Tu es un collègue en or !*

*Ouldji Rafika*

## اهداء

وما توفيقى الا بالله عليه توكلت واليه انيب †††  
اول من يشكر آناء الليل وأطراف النهار ††† فالحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

الى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير †††  
الى من احمل اسمه بكل افتخار - ابي العزيز

الى ملاكي في الحياة الى معنى الحب والحنان †††  
الى سر الوجود الى أعلى الحبايب - امي الغالية -

الى السند - اخوتي - بسمة الحياة وبلسمها †††

الى الأجداد طيب الله ثرى من رحلوا عنا †††  
واطال الله اعمار من لازالت ترافقتنا دعواتهم

الى من خفف عني ثقل الأيام †††  
الى الأخت الكبرى - خديجة - وكل الرفيقات صاحبات اللواتي  
كان يحلو بهن مر أيام الضيم

وأخيرا لا يشكر الله من لا يشكر الناس †††  
فلا ينبغي ان أنسى فضل الأستاذ المشرف - الدكتور بوجلال - الذي  
رافقتنا في انجاز هذا العمل فكانت بصماته واضحة فيه من خلال  
توجيهاته  
وكل الثناء الى كل اساتذتي وكل من علمني حرفا فكان ملهما لي  
في هذا الميدان.

## وفاء



# اهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات وبفضله تنزل الخيرات والبركات وبتوفيقه تتحقق المقاصد والغايات <sup>أ</sup>اليوم  
و بعد مرور السنوات

نحصد ثمرة النجاح و بذلك اهدي تخرجي

إلى سلطان قلبي و مهجة حياتي <sup>أ</sup>محمد أيوب شفاك الله و عافاك لنا

إلى من وضعت الجنة تحت أقدامها أُمي الحنونة <sup>أ</sup>يخفق قلبي لمجرد التفكير فيك <sup>أ</sup>لن استطيع أن أفبك و لو  
غراما من حقلك فلتسامحيني

إلى صديقي و كل ما املك في هذا العالم أبي الغالي <sup>أ</sup>يضحك و جهي لمجرد ذكر اسمك <sup>أ</sup>أحبك كثيرا و فقط

.. إلى دعسوقتي و هبة الله لي أختي أميرة

.. إلى صغيرتي و صندوق الأحلام أختي وسيلة

إلى من أتمنى أن يكون مستقبله أفضل من حاضره <sup>أ</sup>أخي عبد المؤمن

إلى أخواتي اللواتي لم تلدهم أُمي:

إيمان <sup>أ</sup>سكينة و طمأنينة حياتي

صليحة <sup>أ</sup>مصباح و نور دربي

نسرين <sup>أ</sup>رفيقة و خليلة مشواري

زينب <sup>أ</sup>كانت و لا زالت و ستظل صديقتي

إلى من منحني إياهم مقاعد الدراسة رانيا و سهام وسيلة و رفيقة <sup>أ</sup>أدام الله وجودكم

إلى السيد ورقة <sup>أ</sup>شكرا لروحك

## أمينة

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات وما توفيقى إلا بالله

*En tout premier lieu, je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir donné le courage, la force, l'audace pour dépasser les difficultés et la patience d'achever ce modeste travail.*

### *A ma très chère mère*

*Maman, c'est pour toi que j'ai fait la médecine dentaire et c'est grâce à toi que je suis arrivée où je suis aujourd'hui. Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et d'amour, l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

### *A mon très cher Père*

*Cher papa, Aucun mot ne saurait exprimer ma reconnaissance, mon amour, mon respect et l'immense estime que j'ai pour toi. Je n'oublierai jamais les grands sacrifices que tu as consentis durant toute ma vie, l'amour dont tu m'as entouré et tes prières qui m'ont été d'un grand soutien. Grâce à ta bienveillance, à ton encouragement et à ta générosité, j'ai pu terminer mes études dans l'enthousiasme. Que ce travail puisse être le résultat de tes efforts et de tes sacrifices. Puisse Allah te prêter longue vie, bonheur, santé et faire de moi une fille à la hauteur de ton espérance !!!*

### *A mes très chères sœurs Mouhouba et Soudjoud*

*Mes chères, j'apprécie vraiment tout ce que vous avez fait pour moi, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mes plus fidèles accompagnantes dans les moments les plus délicats de la vie. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de gratitude, de reconnaissance et d'amour. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*A mon cher oncle **Morad** et ma chère tante Rachida merci pour votre soutien et vos **Douaa** que dieu vous donne une longue et joyeuse vie.*

*Je dédie ce travail à tous les membres de ma famille, petits et grands.*

*A mes chères amies **Djamila Somia Rafika Lydia Kamilya Wafaa et Manel** merci pour les moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, bonheur, santé et de prospérité.*

***bouzidi ikram***

## TABLE DES MATIERES :

INTRODUCTION :.....	2
CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTERATURE .....	4
1. GENERALITES :.....	5
1.1. Rappel anatomo-histologique de la zone péri-apicale :.....	5
1.1.1. L'apex :.....	5
1.1.2. le parodonte :.....	6
1.1.1.1. La description anatomo-histologique du parodonte :.....	6
1.1.1.1.1. Le cément :.....	6
1.1.1.1.2. Le ligament parodontal apical (desmodonte) :.....	7
1.1.1.1.3. L'os alvéolaire : .....	7
1.2. Rappel anatomo-pathologique des lésions apicales :.....	8
1.2.1. Définition :.....	8
1.2.2. Classification : .....	8
1.2.3. Mécanisme d'apparition : .....	10
1.2.4. Les formes anatomo-pathologiques des lésions apicales :.....	10
1.2.4.1. Le granulome : .....	10
1.2.4.2. Le kyste apical :.....	12
1.2.4.2.1. Les différents types des kystes radiculaires .....	13
1.2.4.2.2. Pathogénie :.....	14
1.2.4.2.3. Etude clinique des kystes :.....	15
1.2.4.2.4. Etude anatomo-pathologique :.....	16
2.L'IMAGERIE EN MEDECINE DENTAIRE : .....	18
2.1. La radiographie conventionnelle :.....	18
2.1.1. Définition :.....	18
2.1.2. Avantage de la radiographie conventionnelle :.....	18
2.1.3. Inconvénient :.....	19
2.1.4. Les types d'imagerie conventionnelle : .....	19

2.1.4.1. Le panoramique :	19
2.1.4.1.1. Définition :	19
2.1.4.1.2. Indication :	19
2.1.4.1.3. Avantage :	20
2.1.4.1.4. Inconvénient :	20
2.1.4.1.5. Limite :	20
2.1.4.2. La rétro alvéolaire :	20
2.1.4.2.1. Définition :	20
2.1.4.2.2. Technique :	21
2.1.4.2.3. Indication :	24
2.1.4.3. Mordu occlusal :	24
2.1.4.3.1. Définition :	24
2.1.4.3.2. Technique :	24
2.1.5. Les limites de la radiographie conventionnelle :	24
2.2. La radiographie numérisée :	26
2.2.1. RVG :	26
2.2.1.1. Définition :	26
2.2.1.2. Avantage :	26
2.2.1.3. Inconvénient :	27
2.2.2. Cône beam :	27
2.2.2.1. Définition :	27
2.2.2.2. Principe :	28
2.2.2.3. Application en endodontie :	28
2.2.2.4. Avantage :	28
2.2.2.5. Les limites :	29
2.2.3. Scanner :	29
2.2.3.1. Définition :	29
2.2.3.2. Technique :	29
2.2.3.3. Les avantages :	30
2.2.3.4. Les inconvénients :	30
2.2.3.5. Les indications :	30
2.2.4. Imagerie par résonance magnétique (IRM) :	31
2.2.4.1. Définition :	31

2.2.4.2.	Indication :.....	31
2.2.4.3.	Les limites :.....	32
2.3.	L'imagerie par ultrasons : .....	32
2.3.1.	Historique :.....	32
2.3.2.	Définition de l'échographie : .....	33
2.3.3.	Les principes physiques de l'écho : .....	34
2.3.3.1.	Définition des ultrasons :.....	34
2.3.3.2.	Interaction des ultrasons avec la matière : .....	34
2.3.3.2.1.	La réflexion :.....	35
2.3.3.2.2.	La réfraction :.....	35
2.3.3.2.3.	La diffusion :.....	35
2.3.4.	Description (matériels) : .....	36
2.3.4.1.	Le transducteur :.....	36
2.3.5.	Formation de l'image :.....	37
2.3.5.1.	Amplification : .....	38
2.3.5.2.	Modes de balayage :.....	39
2.3.6.	Critères de qualités d'une image échographique : .....	42
2.3.6.1.	Les différentes résolutions : spatiales et temporelles :.....	42
2.3.6.2.	L'échogénicité :[22,29,32] .....	43
2.3.7.	Exploration doppler : .....	44
2.3.7.1.	Principe : .....	44
2.3.7.2.	Les différents modes Doppler : .....	44
2.3.7.3.	Choix de la sonde :.....	45
2.3.8.	Nouvelles techniques échographiques : .....	45
2.3.8.1.	Les produits de contraste échographiques :.....	45
2.3.8.2.	Imagerie d'harmonique : .....	45
2.3.8.3.	Imagerie de combinaison : .....	46
2.3.8.4.	Élastographie impulsionnelle ultrasonore :.....	46
2.3.9.	Avantages et inconvénients :.....	46
2.3.10.	Échographie et endodontie :.....	47
3.LA CHIRURGIE ENDODONTIQUE :	.....	<b>50</b>
3.1.	Définition : .....	50

3.2.	Indications de la chirurgie endodontique :	50
3.2.1.	D'ordre pathologique :	50
3.2.2.	D'ordre anatomique :	52
3.2.3.	D'ordre iatrogène :	57
3.3.	Les contres indications de la chirurgie endodontique :	62
3.3.1.	D'ordre général :	62
3.3.2.	D'ordre local:	62
3.4.	Le protocole opératoire :	63
3.4.1.	Bilan préopératoire :	63
3.4.2.	Préparation du patient :	66
3.4.3.	Anesthésie :	67
3.4.4.	Hémostase pré chirurgicale:	67
3.4.5.	Les incisions et décollement de lambeau :	67
3.4.5.1.	Dessin et conception des lambeaux :	70
3.4.5.2.	Elévation des lambeaux :	71
3.4.5.3.	Rétraction du lambeau :	72
3.4.6.	Ostéotomie :	72
3.4.6.1.	Procédure d'ostéotomie :	72
3.4.7.	Curetage péri apical :	73
3.4.8.	Résection radiculaire :	73
3.4.9.	Hémostase chirurgicale :	74
3.4.10.	Préparation rétrograde:	74
3.4.11.	Obturation rétrograde:	75
3.4.12.	Soins de la cavité et régénération osseuse guide :	81
3.4.13.	Repositionnement du lambeau et sutures :	83
3.4.14.	Soins postopératoire:	86
3.5.	pronostic :	89
	<b>PROBLEMATIQUE :</b>	<b>90</b>
	<b>CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES</b>	<b>91</b>

1.MATERIELS ET METHODES :.....	<b>92</b>
1.1. Type d'étude :.....	92
1.2. Objectif principal : .....	92
1.3. Objectif secondaire :.....	92
1.4. Population de l'étude :.....	92
1.5. Critères d'inclusion : .....	92
1.6. Critères de non inclusion :.....	92
1.7. Sources des données :.....	92
1.8. Stratégies de recherche :.....	93
1.9. Fiche d'extraction des données : .....	93
1.10. Résultats des différentes phases de recherche d'articles pour la revue systématique :.	93
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>95</b>
<b>1.RESULTATS ET DISCUSSIONS DES ETUDES :.....</b>	<b>96</b>
1.1. Résultats : .....	104
1.2. Discussions :.....	119
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>124</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : .....</b>	<b>127</b>

## LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Schéma de la région apicale selon KUTTLER[6] .....	5
Figure 2: Représentation schématique des tissus péri radiculaires.[5] .....	6
Figure 3: Coupe frontale du maxillaire et de la mandibule dans le plan des premières molaires montrant la différence de l'épaisseur des corticales[4] .....	8
Figure 4: (a) granulome péri apical présent à l'apex d'une dent non vivante. (b) histopathologie du granulome péri apical[5] .....	12
Figure 5: les différents types des kystes. (a) : un kyste en poche, (b) : un kyste vrai[5] .....	13
Figure 6: aspect macroscopique de la pièce opératoire[13] .....	17
Figure 7: (a) image histopathologique montrant un épithélium pavimenteux stratifié d'épaisseur variable. (b) le tissu conjonctif œdémateux avec nombreux infiltrats de cellules inflammatoire chronique[12] .....	18
Figure 8: : Film correctement placé et maintenu sous la digue dentaire à l'aide d'un hémostatique[18] .....	21
Figure 9: (a) Position du film maxillaire/du faisceau central (flèches). (b) Position du film mandibulaire/du)[18] .....	23
Figure 10: : Bruit anatomique. (a) Une radio-transparence péri apicale est clairement visible et est associée à l'incisive maxillaire gauche (flèche jaune). (b) Une deuxième radiographie prise avec un décalage horizontal de 10 degrés révèle une radio-transparence péri apicale supplémentaire (flèche rouge) associée à l'incisive maxillaire gauche. Cette « nouvelle » radio transparence est le foramen incisif[19] .....	25
Figure 11: Dispositifs de stabilisation des récepteurs pour l'imagerie intra-orale[20] .....	26
Figure 12: Évaluations endodontiques à l'aide de l'appareil Kodak RVG 6000 (kodak dental imaging, marne-la-vallée, France à l'aide du système CMOS)[18] .....	27
Figure 13: Exemple d'un appareil de tomographie à faisceau conique (CBCT) avec de petits champs de vision (FOV)[20] .....	28
Figure 14: : CBCT fournissant des vues tridimensionnelles dans les directions axiale, coronale et sagittale[21] .....	29
Figure 15: Bobine de boucle RF intra-orale contenant une feuille de cuivre de 10 mm de large. Sa conception a été adaptée à l'arcade maxillaire d'un adulte et l'ensemble de bobines expérimentales in vivo. L'antenne a été placée en position occlusale[18] .....	31
Figure 16: les éléments de la formation de l'image échographique .....	38
Figure 17: Principe de l'amplification en profondeur .....	39
Figure 18: Principe de mode A .....	40
Figure 19: Principe de mode B .....	40
Figure 20: Principe de mode TR .....	41
Figure 21: les types des sondes échographiques .....	42
Figure 22: Positionnement de la sonde d'échographie dans le secteur antérieur maxillaire ; (a) Échographie extraorale transverse, (b) Échographie extraorale longitudinale .....	48
Figure 23: Cas d'un kyste péri apical .....	49
Figure 24: Cas d'un granulome péri apical .....	49



Figure 25: (a) cliché radiographique de 22 montrant une lésion péri-apicale persistante. (b) photo clinique de l'exérèse chirurgicale de la lésion. Le prélèvement est envoyé pour analyse histopathologique. (c) coupe histologique de la lésion. L'analyse histopathologique révèle une infection extra radiculaire. Des colonies bactériennes typiques d'une actinomycose.....	51
Figure 26: à gauche, un kyste vrai. La lésion est séparée du canal par une membrane épithéliale, à droite, un kyste en forme de poche. La lésion est toujours en communication avec le canal .....	52
Figure 27:: Ramification apicale inaccessible sur la première molaire supérieure. ....	53
Figure 28:: double courbure sur 15 (racine en baïonnette).....	53
Figure 29: a) cliché radiographique de 44 montrant une lésion d'origine endodontique. b) coupe cône beam horizontale montrant que la configuration anatomique en C. c) vue clinique de la surface radiculaire après résection apicale et obturation à rétro du canal en C. d) cliché radiographique postopératoire. e) cliché radiographique de contrôle à 1an. ....	54
Figure 30: dens in dente .....	54
Figure 31: : a cliché radiographique de 21 présentant une oblitération canalaire suite à un traumatisme et une lésion apicale d'origine endodontique, b cliché radiographique postopératoire. L'abord s'est fait exclusivement par voie chirurgicale. Aucune cavité d'accès ne vient diminuer la résistance mécanique de la dent, c cliché radiographique à 1 an montrant une guérison de la lésion .....	55
Figure 32: : lésion latérale sue 11 et canal accessoire objectivé après obturation.....	56
Figure 33: : schémas de W. HESS montrant la complexité de système canalaire.....	56
Figure 34: dent immature, traitement endodontique .....	57
Figure 35: la préparation n'a pas pris en compte la courbure de la racine mésio-vestibulaire, avec une instrumentation manuelle pré courbé ou une préparation mécanisée, cette courbure aurait pu être prise, et la mise en forme aurait été correcte : vide : lésion .....	58
Figure 36: dépassement de pate d'obturation, la flèche indique la lésion apicale.....	59
Figure 37: : lésion apicale de 22 et dépassement de matériau perforant la racine dans le tiers apical ..	59
Figure 38: a) instrument fracturé au-delà de la courbure, b) vue peropératoire de la racine réséquée et obturé, c) guérison totale de la lésion à 1 an. Toute la partie résiduelle du canal a été préparé et obturé à rétro.....	60
Figure 39: a) cliché radiographique de 21 présentant une couronne acceptable cliniquement avec une reconstitution corono-radiculaire et une lésion d'origine endodontique, b) photos clinique peropératoire de la racine réséquée et obturé de 21, c cliché radiographiqu postopératoire. Il a été possible de nettoyer et obturer toute la partie résiduelle du canal jusqu'au tenon, d cliché radiographique à 1 an montrant une guérison complète de la lésion.....	61
Figure 40: lésion apicale en rapport avec l'apex de 22, test au froid négatif .....	61
Figure 41: Lambeau rectangulaire sub marginal .....	68
Figure 42: Lambeau triangulaire sub marginal .....	68
Figure 43: Lambeau sulculaire rectangulaire .....	69
Figure 44: Lambeau sulculaire triangulaire.....	69
Figure 45: (a) L'angulation de 90° entre l'incision intrasulculaire et l'incision de la base de papille (b) Lambeau papilla base incision (PBI).....	70
Figure 46: (a et b) Levée d'un lambeau de Luebke-Ochsenbein : le bord de l'élévateur, dont la surface concave est tournée vers l'os, sépare le périoste de l'os de façon apicale et latérale jusqu'à exposer l'os au-dessus de la lésion. (c) L'élévateur périostique doit pouvoir être déplacé latéralement et apicalement sans perdre le contact avec l'os. (d) L'étendue du lambeau doit être suffisante pour exposer l'os au-dessus, au-dessous et autour de la lésion.....	71
Figure 47: Une pièce à main chirurgicale de 45 degrés (Brasseler, USA) .....	72
Figure 48: Embouts ultrasoniques KiS.....	75
Figure 49: matériaux de restaurations intermédiaires IRM.....	77
Figure 50: le SuperEBA .....	78

Figure 51: ProRoot MTA .....	79
Figure 52: point en « o » .....	84
Figure 53: point en « 8 » .....	85
Figure 54: Point matelassier vertical .....	85
Figure 55: point en écharpe .....	86
Figure 56 : Présentation comparative de la radiographie péri apicale et des images ultrasonographiques (USG) des deux cas avant et après le traitement. A. Radiographie péri apicale d'un kyste péri apical avant traitement. B. Radiographie péri apicale d'un d'un kyste péri apical après traitement. C. Radiographie péri apicale avant traitement d'un granulome péri apical. D. Radiographie péri apicale après traitement d'un granulome péri apical. E. Image USG pré traitement d'un kyste péri apical. F. Image USG post-traitement d'un kyste péri apical. G. Image USG pré traitement d'un granulome péri apical. H. Image USG post-traitement d'un granulome péri apical .....	104
Figure 57: (I) Kyste péri apical : (A) radiographie IOPA, (B) (a-d) vues CBCT (c) échographie (flèche montrant le rehaussement du bord postérieur) (d) coupe histopathologique) (×10) (flèche montrant l'épithélium en arcade. (II) Granulome péri apical : (A) radiographie IOPA (b) (a-d) vues CBCT (c) échographie (flèche montrant la vascularisation au Doppler) (d) coupe histopathologique (×10). (III) Abscess péri apical : .....	105
Figure 58: (a) radiographie numérique montrant une radio transparence péri apicale bien circonscrite en relation avec la 21,22 mesurant plus de 1,5 cm, suggérant un kyste péri apical. (b) les images USG révélant une cavité anéchogène bien profilée entourée une par paroi osseuse renforcée sans vascularisation. (c) photomicrographie montrant kyste péri apical tapissé d'un épithélium pavimenteux. ....	106
Figure 59(a) La radiographie péri apicale montre une lésion péri apicale de l'incisive mandibulaire. (b) Vue panoramique (la lésion n'est pas clairement identifiable). (c) L'échographie montre une lésion péri apicale et une perforation buccale (flèche jaune : : interrompt l'image hyperéchogène de l'os cortical buccal de la lésion) causée par la lésion. (d) Équivalent schématique de c ; B : surface de la plaque osseuse corticale buccale, S : surface profonde de la lésion péri apicale. La région située entre B et S montre la zone de la lésion. ....	107
Figure 60: (A) Image échographique d'une lésion péri apicale montrant une corticale osseuse intacte (flèches) et un renforcement acoustique postérieur (tête de flèche). (B) Radiographie péri apicale montrant la même lésion (dent n° 7). ....	108
Figure 61: Radiographie panoramique (A), tomographie axiale (B) et échographie dentaire transfaciale (C) d'un homme de 27 ans qui présentait une radio transparence kystique de la ligne médiane de la mandibule sur la radiographie panoramique (A) en position péri apicale par rapport aux incisives inférieures, dont les apex radiculaires (flèches noires en A et B) se trouvaient au niveau du bord supérieur de l'altération kystique. L'échographie dentaire transfaciale (C) montre la lésion kystique et révèle une érosion focale de la corticale buccale élargie (flèches ouvertes en B et C). Il était difficile d'identifier l'emplacement des apex radiculaires par rapport au kyste ; cependant, les 4 faisceaux vasculaires des incisives inférieures (flèches longues et courtes en C) étaient clairement visibles à l'intérieur du kyste, confirmant sa localisation péri apicale. Un kyste radiculaire post-traumatique a été diagnostiqué, étayé par un test de vitalité dentaire ainsi que par des antécédents de traumatisme à distance dans la zone de la lésion radiographique. ....	110
Figure 62: Radiographie montrant une lésion radioclaire bien définie et une lésion kystique hypoéchogène observée à l'échographie.....	111
Figure 63Caractéristiques histopathologiques évoquant un kyste péri apical .....	112
Figure 64: Corrélation entre l'échographie et les caractéristiques histopathologiques.....	112
Figure 65: Mise en évidence d'un kyste radiculaire .....	113
Figure 66: Image échographique d'un granulome péri apical.....	114
Figure 67: a) Radiographie péri apicale intrabuccale montrant une radio transparence bien définie (flèche) en relation avec 11,12. b) Image échographique montrant une lésion transsonique (flèche)	

avec des contours bien définis et renforcés suggérant un kyste péri apical. c) Aucun signe de vascularisation interne à l'examen Doppler couleur. d) Photomicrographie de la lésion montrant une cavité kystique tapissée par de l'épithélium en arcade, diagnostiquée histo-pathologiquement comme un kyste péri apical.....	115
Figure 68a) Radiographie péri apicale intrabuccale montrant une radio transparence bien définie (flèche) par rapport à la 11. b) Image échographique montrant une lésion hyperéchogène (flèche) aux contours mal définis évoquant un granulome péri apical. c) Preuve de vascularisation interne à l'examen Doppler couleur. d) Photomicrographie de la lésion montrant du tissu conjonctif avec des zones étendues de cellules inflammatoires et des vaisseaux sanguins nouvellement formés, diagnostiquée histopathologiquement comme un granulome péri apical.....	115
Figure 69: Kyste péri apical. La radiographie péri apicale intrabuccale (A) montre une lésion péri apicale radio transparente bien circonscrite (flèche), mesurant plus de 1 cm de diamètre. L'USG avec Doppler couleur et Doppler puissance (B) montre une cavité hypoé hypoéchogène, sans signe de vascularisation interne. La coupe colorée (C) montre la présence d'un revêtement épithélial (flèche) avec un tissu conjonctif dense sous-jacent (pointe de flèche).....	116
Figure 70: Granulome péri apical. Radiographie péri apicale intrabuccale (A) montre une lésion péri apicale radio transparente bien circonscrite (flèche), mesurant moins de 1 cm. USG avec Doppler couleur et Doppler puissance montre une lésion hypoéchogène mal définie (flèche) présentant une riche vascularisation. La coupe colorée (C) montre un stroma fibrocellulaire (flèche) constitué d'un infiltrat de cellules inflammatoires chroniques (principalement des lymphocytes et des plasmocytes) et des capillaires sanguins bordés d'endothélium avec des globules rouges .....	117
Figure 71 : Echographie montrant une lésion hypoéchogène bien définie avec une vascularisation .	117
Figure 72 : Echographie montrant une lésion anéchogène bien définie.....	118
Figure 73: Échographies (a) hypoéchogènes, (b) hyperéchogènes, (c) anéchogènes.....	119
Figure 74: Résultats de la comparaison entre les valeurs de sensibilité, de spécificité et de précision diagnostique des trois techniques radiographiques (IOPA R : radiographie péri apicale intrabuccale, CBCT, USG : échographie).....	121

**LISTE DES TABLEAUX :**

Tableau 1: classification des défauts osseux péri-apicaux ..... 81

# INTRODUCTION

### Introduction :

Les lésions inflammatoires péri apicales d'origine endodontique LIPOE autrement dit parodontite apicale, est une réaction de défense de l'organisme en réponse à une infection bactérienne de l'endodonte se diffusant à travers le foramen apical au péri apex, engendrant une destruction osseuse péri apicale.

Le tableau clinique des LIPOE peut être celui d'une pathologie aigue ou chronique et n'est donc pas nécessairement symptomatique ; dans le cas d'une pathologie chronique la découverte est fortuite lors d'une consultation de routine.

Histologiquement on distinguera parmi lésions péri apicales chroniques les granulomes qui sont constitués d'une masse tissulaire molle avec la présence chronique des cellules inflammatoires et de la vascularisation et les kystes qui sont des cavités non vascularisées bordées d'un épithélium et renfermant un contenu liquidien ; semi liquidien ou aérien avec des débris cellulaires.

La radiographie est un outil de diagnostic essentiel dans la prise en charge de ces affections bucco-dentaires. L'examen clinique est capital et reste l'élément fondamental permettant d'élaborer le bilan clinique lésionnel, mais ceci doit être complété, dans bon nombre de cas par des examens radiographiques (radiographie rétro alvéolaire et plus récemment CBCT).[1] Cependant, ces outils présentent un certain nombre d'inconvénients et de limites tels que la délivrance des doses importantes de rayonnement, le coût élevé et la difficulté à établir un diagnostic différentiel entre granulome et kyste péri apical.

Depuis quelques temps de nombreux auteurs proposent l'utilisation de l'échographie en endodontie comme une technique alternative plus fiable reproductible et sûre permettant de fournir des images en temps réel à moindre coût et sans rayonnement ionisant.[2]

La polyvalence de cette méthode a prouvé son efficacité dans le domaine de la médecine, alors qu'elle possède moins d'exploration et peu de travaux dans le domaine de la dentisterie (dans la région de la tête et du cou, elle est utilisée régulièrement pour diagnostiquer des pathologies des glandes salivaires).[1,3]

L'échographie diagnostique est une modalité dynamique rapide, précise et non invasive, utilisée pour étudier les parties molles du corps et pour obtenir des informations tridimensionnelles en changeant rapidement les sections de l'anatomie. En utilisant l'échographie Doppler couleur, il est possible d'évaluer et de déterminer la présence et la

## Introduction

direction du flux sanguin dans l'image ultrasonographique du tissu, ainsi que des informations concernant le flux, la vitesse et la perfusion de la zone.[3]

L'objectif principal de cette revue systématique de la littérature est de démontrer l'utilité de l'échographie dans l'établissement d'un diagnostic différentiel entre les granulomes et les kystes péri apicaux.

CHAPITRE 1 :  
REVUE DE  
LITTERATURE



### 1. Généralités :

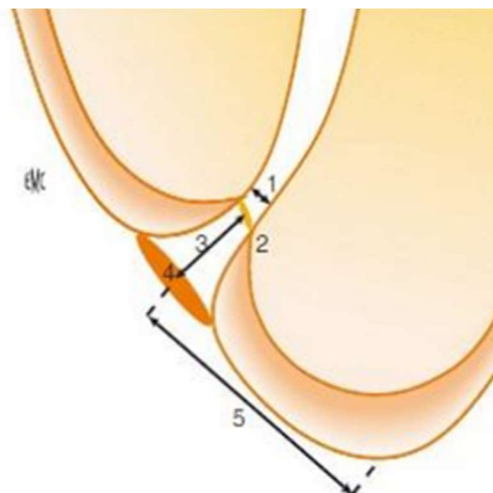
#### 1.1. Rappel anatomo-histologique de la zone péri-apicale :

##### 1.1.1. L'apex :

Au fur et à mesure que la racine dentaire se développe, un foramen se forme à l'extrémité de la racine et qui permet le passage des structures neurovasculaires.[4]

Le foramen apical est une ouverture au niveau ou à proximité de l'apex d'une racine dentaire, il s'agit de l'orifice principal de sortie du canal vers le parodonte, chez les jeunes dents nouvellement sorties il est grand ouvert, mais au fur et à mesure que la racine se développe, ce foramen se rétrécit. La surface interne de l'apex est recouverte de cément qui peut s'étendre sur une courte distance dans le canal radiculaire formant la jonction cémento-dentinaire qui ne se produit pas nécessairement à l'extrémité apicale de la racine mais aussi dans le canal radiculaire principal.[5]

Une modification de la forme et de l'emplacement du foramen peut survenir pendant la phase post éruptive en raison des forces fonctionnelles (pression de la langue, dérivé mésiale) agissant sur la dent, ces forces provoquent la résorption et le dépôt de cément sur les parois du foramen entraînant un déplacement de sa position. [5]

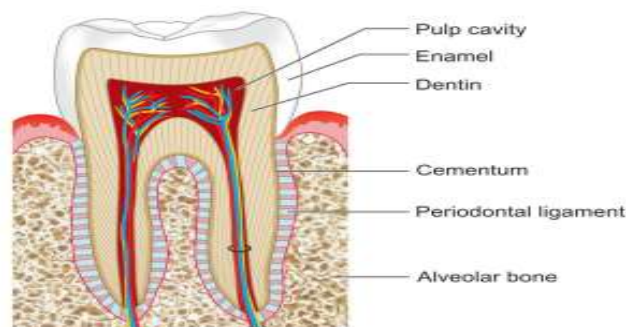


**Figure 1: Schéma de la région apicale selon KUTTLER.**

La source : choix de la limite apicale 2010

### 1.1.2. le parodonte :

Dans la portion apicale, le canal radicaire se rétrécit jusqu'à la jonction cémento-dentinaire qui marque la frontière entre l'endodonte et le parodonte. Cette limite se situe à une distance de 0,5 à 3 mm du sommet du dôme apical anatomique, créant ainsi un espace physiologique communément décrit sous la forme d'un tronc de cône court à sommet pulpaire et à base desmodontale (le cône cémentaire de Kutler). C'est à ce niveau que débute la région péri apicale ; siège des parodontites apicales.[7]



**Figure 2: Représentation schématique des tissus péri radiculaires.**

Garg N, Garg A, Nekoofar MH. Textbook of endodontics. Fourth edition. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2019.

#### 1.1.1.1. La description anatomo-histologique du parodonte :

##### 1.1.1.1.1. Le cément :

Le cément est un tissu conjonctif dur et avasculaire d'origine ectomésenchymateuse qui recouvre les racines des dents. Il est de couleur jaune claire et se différencie de l'émail par sa teinte plus foncée et son manque d'éclat. Il est très perméable aux colorants et aux agents chimiques du canal pulpaire et de la surface externe de la racine.[5]

La composition chimique du cément est un peu similaire à celle de l'os et comprend en poids humide 65% de matière inorganique (les hydroxyapatites), 23% de matière organique (collagène type 1 avec quelque trace de type 3, protéoglycanes, sialoprotéine osseuse, glycoprotéine), et 12% d'eau.[8]

Les deux principaux types de cément sont :

- Le cément acellulaire : qui recouvre le tiers cervical de la racine, il se forme avant que la dent ne soit fonctionnelle. Il est dépourvu de cellules avec abondance de fibres de Sharpey.[5]

- Le ciment cellulaire : se forme après que la dent ait atteint le plan occlusal, moins calcifié que le ciment acellulaire et riche en cellules. Il est principalement trouvé dans le tiers apical et la région inter-radiculaire, sa fonction principale est l'adaptation.[5]

### 1.1.1.1.2. Le ligament parodontal apical (desmodonte) :

Le ligament parodontal (ou desmodonte) est un tissu conjonctif fibreux dense d'origine ectomesenchymateux constitué majoritairement de fibres de collagènes. Ces fibres s'insèrent sur le ciment et l'os alvéolaire. Elles confèrent au ligament parodontal deux rôles essentiels : le maintien de la dent dans son alvéole et l'absorption des forces occlusales, empêchant ainsi la propagation de ces forces au sein de l'os environnant.[9]

Le tissu conjonctif se compose de plusieurs types cellulaires :

- Le type de cellule primaire dans le ligament parodontal est le fibroblaste. Cette cellule conserve la capacité à la fois de sécréter et de résorber les fibres de collagène et la substance fondamentale, de sorte que le ligament subit un remodelage fréquent.[4]
- Les cellules osseuses et cémentaires : les ostéoblastes et les cémentoblastes, qui longent les tissus durs, les cellules de défense : elles apparaissent au sein du conjonctif desmodontal au cours de multiples circonstances traumatiques ou infectieuses, mais elles sont aussi présentes lorsque le parodonte est sain.
- Les cellules épithéliales : les débris épithéliaux de Malassez.[9]

Dans la matrice extra cellulaire :

Le collagène-Les glycoprotéines-Les protéoglycanes et les glycosaminoglycanes.[8]

La largeur du ligament parodontal varie de 0,21 mm chez le sujet jeune à 0,15 mm chez le sujet âgé. [9]

### 1.1.1.1.3. L'os alvéolaire :

L'os alvéolaire, procès alvéolaire, c'est un tissu osseux spongieux formé par l'extension des bases osseuses maxillaires et mandibulaires et qui abritent les racines des dents. Une coupe vestibulo-linguale révèle que chaque procès alvéolaire est constitué d'une corticale formé d'os compact, et une couche interne d'os spongieux contenant dans les espaces intertrabéculaires de la moelle et des vaisseaux sanguins. [4]



**Figure 3: Coupe frontale du maxillaire et de la mandibule dans le plan des premières molaires montrant la différence de l'épaisseur des corticales.**

Torabinejad M, Rubinstein R, editors. The art and science of contemporary surgical endodontics. Berlin ; Chicago: Quintessence Publishing Co Inc; 2017.

Histologiquement, il est composé de deux tiers de trame minérale représentée principalement par l'hydroxyapatite, et d'un tiers de trame organique formée par du collagène type I (90%), ostéocalcine, lipides (peu abondants), glycoprotéines, scialoprotéines et glycosaminoglycanes et des cellules qui sont : ostéocytes, ostéoblastes. et les ostéoclastes assurent le remaniement physiologique.[5]

### 1.2. Rappel anatomo-pathologique des lésions apicales :

#### 1.2.1. Définition :

Les lésions péri radiculaires sont des processus pathologiques essentiellement de nature inflammatoire. Ils se développent initialement dans le ligament parodontal pour affecter l'os et le cément, et sont causés par une infection microbienne de l'espace canalaire.

Ces lésions péri radiculaires se produisent généralement autour de l'apex de la racine, elles sont également appelées lésions péri apicales ou parodontites apicales, elles peuvent parfois se développer latéralement à la racine ou dans la région furcale. Elles sont liées aux réponses immunitaires innées et acquises de l'hôte aux bactéries intra radiculaire dans le but de contenir la propagation de l'infection.[10]

#### 1.2.2. Classification :

Classification dynamique des auteurs :[7]

- 1- Parodontite apicale aigue
  - 1-1- Parodontite apicale aigue primaire, débutante puis installée
  - 1-2- Parodontite apicale aigue primaire abcédée
  - 1-3- Parodontite apicale aigue secondaire
- 2- Parodontites apicales chroniques
  - 2-1- Parodontite apicale chronique granulomateuse
  - 2-2- Parodontite apicale chronique kystique
  - 2-3- Parodontite apicale chronique avec fistule
  - 2-4- Parodontite apicale chronique avec ostéite condensante et hypercémentose

Classification selon l'OMS : [4,5]

- 1- Périodontite apicale aigue
- 2- Périodontite apicale chronique (granulome apical)
- 3- Abscès péri apical avec fistule
  - 3-1- abcès péri apical avec fistule à l'antre du maxillaire
  - 3-2- abcès péri apical avec fistule à la cavité nasale
  - 3-3- abcès péri apical avec fistule à la cavité buccale
  - 3-4- abcès péri apical avec fistule à la peau
- 4- Abscès péri apical sans fistule
- 5- Kyste radiculaire (kyste péri apical)
  - 5-1- kyste apical et latéral
  - 5-2- kyste résiduel
  - 5-3- kyste paradentaire inflammatoire

Classification d'Ingle : [5]

- 1- Pathosepulpo-périapicale symptomatique :
  - 1-1- Parodontite apicale aigue symptomatique
  - 1-2- Parodontite apicale avancée :
    - 1-2-1-abcès apical aigue
    - 1-2-2- abcès de Phénix
    - 1-2-3-parodontite apicale suppurée
- 2- Pathosepulpo-périapicale asymptomatique :
  - 2-1- Ostéite condensante
  - 2-2- Parodontite apicale chronique aux stades naissant et avancé
    - 2-2-1- granulome péri apical

2-2-2- kyste péri apical

2-2-3- parodontite apicale suppurée

Classification de l'association américaine d'endodontie :[10]

- 1- Tissus péri radiculaires normaux
- 2- Parodontite péri radiculaire asymptomatique :
  - 2-1- granulome péri radiculaire
  - 2-2- kyste péri radiculaire
- 3- parodontite apicale symptomatique (desmodontite)
- 4- abcès apical aigu
- 5- abcès apical chronique
- 6- ostéite condensante

1.2.3. Mécanisme d'apparition :

Plusieurs voies de contamination bactérienne peuvent être à l'origine des pulpopathies : les lésions carieuses ou d'usure, les poches parodontales qui exposent les canaux latéraux et accessoires le long de la racine ou de la furcation, les microfissures, les fêlures, les traumatismes exposant la pulpe, les matériaux non étanches ou non biocompatibles.

A partir de ces voies, l'ensemble du réseau endodontique est rapidement colonisé en raison de sa complexité et de la perméabilité de la dentine[5]. Puis l'infection progresse, et s'en suit alors un changement de l'environnement canalaire, la présence d'oxygène et de nutriments diminue ce qui entraîne des modifications de la composition de la flore bactérienne, les bactéries à gram positif anaérobies facultatives laissent place à des espèces principalement anaérobies. Au niveau apical, on retrouve une flore agressive protéolytique, anaérobie, pouvant survivre avec un faible apport nutritif, et plus difficile à éliminer que celle présente dans la partie coronaire du canal infecté.

Le type d'espèces retrouvées, leur virulence, leur nombre et leur synergisme sont variables d'une PAA à une autre. Cette infection initie des réactions immunitaires innées ou acquises dans le parodonte péri-radiculaire.[11]

1.2.4. Les formes anatomo-pathologiques des lésions apicales :

1.2.4.1. Le granulome :

Parodontite apicale chronique granulomateuse (PACg) est une pseudotumeur inflammatoire d'origine dentaire à évolution lente et de longue durée, représentant une réaction inflammatoire hyperplasique du tissu conjonctif desmodontal. =

Le granulome péri apical est l'une des séquelles les plus fréquentes d'une nécrose pulpaire. Il est composé de tissu de granulation infiltré par des cellules de défense immunitaire. Il peut être épithélialisé ou non épithélialisé et peut évoluer vers l'abcès secondaire, la fistulisation, ou la transformation en kyste, en fonction de la virulence et de la pathogénicité de la flore bactérienne intracanalaires.[10]

Le granulome péri apical est une réponse à médiation cellulaire aux produits bactériens pulpaire, c'est un processus réactionnel de limitation et d'exclusion des irritants issus du canal cela conduit à la prolifération cellulaire et donc à la formation du granulome accompagné d'une destruction osseuse adjacente et une résorption radiculaire.[10]

Les examens histomorphologiques mettent en évidence un infiltrat dense de cellules inflammatoires produisant des cytokines qui peuvent orienter le statut lésionnel selon de type de stimulation cellulaire :

- La stimulation des facteurs activateurs des ostéoclastes va favoriser la résorption osseuse.
- La stimulation des facteurs de croissance va favoriser la prolifération des fibroblastes et l'angiogenèse, la reconstruction du conjonctif et le ralentissement du phénomène de résorption.[4]

❖ Microscopiquement :

Les examens histologiques mettent en évidence un tissu de granulation et un riche réseau circulatoire avec un infiltrat dense de cellules inflammatoires en nombre variable et réparties dans tout le tissu du granulome, il est composé de macrophages, de lymphocytes, de plasmocytes, de neutrophiles, d'éosinophiles, de cellules à corps étranger multi nucléés, parfois des corps de Russell peuvent également être présent. A la périphérie de la lésion, le tissu inflammatoire laisse généralement la place à un tissu fibreux formé essentiellement de collagène, avec peu ou pas de cellules inflammatoires.[10]

Des restes épithéliaux odontogènes représentant les restes de Malassez sont souvent observés et conduisant à l'épithélialisation du granulome connu sous le nom d'épithéliogranulome, des

cristaux de cholestérol sur lesquels des cellules géantes à corps étrangers d'une grande variété de formes sont accolées.[4]



**Figure 4: (a) granulome péri apical présent à l'apex d'une dent non vivante. (b) histopathologie du granulome péri apical.**

Garg N, Garg A, Nekoofar MH. Textbook of endodontics. Fourth edition. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2019.

#### 1.2.4.2. Le kyste apical :

Le terme kyste vient du mot grec kustis « vessie » qui signifie une cavité pathologique située dans un organe ou dans un tissu, contenant une substance liquide, molle ou plus rarement solide, et limitée par une paroi qui lui est propre. Larousse

Le kyste radiculaire est un kyste odontogène inflammatoire qui provient des débris épithéliaux de Malassez dû à une nécrose pulpaire avec un contenu liquide, semi liquide ou gazeux et qui n'est pas créé par l'accumulation du pus.[12]

Les kystes radiculaires sont considérés comme les kystes les plus courants, 52 à 68% de tous les kystes affectant les mâchoires et environ 99% sont de vrais kystes. La prévalence est plus élevée dans la troisième décennie de la vie, les hommes sont plus fréquemment touchés que les femmes. L'incidence de la dent lactéale semble être faible par rapport à une dent permanente. La durée plus courte des dents lactéales sur arcade pourrait être l'une des raisons.[12]

La parodontite apicale chronique kystique (PACK) est une transformation d'un granulome en kyste inflammatoire, constitué d'une poche formée par la prolifération de tissu épithélial et la dégénérescence kystique du tissu conjonctivo-épithélial du centre de la tumeur.[12]



### 1.2.4.2.1. Les différents types des kystes radiculaires

❖ Selon la localisation : [4]

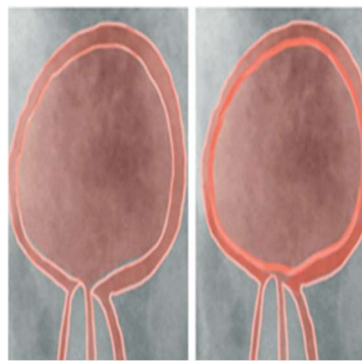
L'issue des germes et leurs toxines venant de l'endodonte peut être variable :

- Apicale donnant ainsi le kyste apicale.
- Latérale liée à la présence d'un canal latéral ou iatrogénique en rapport avec une perforation réalisée lors d'un traitement endodontique ou lors la préparation d'un logement pour un ancrage radiculaire donnant ainsi naissance à un kyste latéro-radicaire et qui est moins volumineux que le kyste apical mais les caractéristiques histologiques sont identiques.

❖ Selon la communication avec la racine :[5]

Il existe deux types de kystes péri apicaux :

- Le kyste péri apical vrai : c'est un kyste apical inflammatoire avec une cavité pathologique distincte, complètement entourée par un épithélium de sorte qu'il n'entre pas en contact avec le réseau canalaire.
- Le kyste en poche : c'est un kyste apical inflammatoire comprenant une cavité, en forme de sac, entourée d'un épithélium ouvert et en continuité avec l'apex dentaire.



(a) (b)

**Figure 5: les différents types des kystes. (a) : un kyste en poche, (b) : un kyste vrai.**

Garg N, Garg A, Nekoofar MH. Textbook of endodontics. Fourth edition. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2019.

### 1.2.4.2.2. Pathogénie :

Le granulome peut dégénérer en kyste suivant un processus diversement présenté. Le mécanisme le plus décrit se compose de trois phases :

- La phase d'initiation (prolifération des débris épithéliaux de Malassez quiescents) :

Les endotoxines bactériennes provoquent une inflammation dans la région apicale d'une dent non vivante qui conduit à la prolifération des cellules épithéliales de Malassez.[5]

- La phase de cavitation :

Plusieurs théories expliquent ce stade de formation kystique :

- La théorie des carences nutritionnelles : stipule que les modifications péri apicales provoquent la prolifération de l'épithélium et privent la masse centrale de la nutrition des tissus périphériques. Il en résulte des modifications nécrotiques au centre bordées par des cellules épithéliales à la périphérie.[5]
- La théorie de l'abcès : selon laquelle, lorsqu'un abcès se forme dans le tissu conjonctif, les cellules épithéliales prolifèrent et forment une paroi autour de la cavité en raison de leur tendance inhérente à recouvrir le tissu conjonctif exposé.[5]
- La théorie de fusion : cette théorie suggère que la formation d'un kyste apicale inflammatoire est causée par la fusion des brins épithéliaux proliférants dans toutes les directions, pour former une masse en boule tridimensionnelle. Le tissu conjonctif emprisonné dans la masse épithéliale subirait une dégénérescence progressive sous l'effet de la diminution du support vasculaire, donnant naissance à une cavité kystique.[10]
- La phase d'expansion du kyste :

En raison de décomposition des cellules épithéliales et des leucocytes et l'accumulation de l'exsudat plasmatiques, l'osmolalité (est une mesure du nombre d'osmoles de soluté par kilogramme de solvant) du liquide du kyste devient supérieure à celle du sérum. En conséquence, la pression interne hydrostatique devient supérieure à la pression capillaire. Le liquide tissulaire se diffuse donc dans le kyste, ce qui le fait grossir. Avec la résorption osseuse ostéoclastique, le kyste se dilate.

D'autres facteurs de résorption osseuse, tels que les prostaglandines, les interleukines et les protéinases provenant des cellules inflammatoires et des cellules de la partie périphérique de la lésion permettent un élargissement supplémentaire du kyste.[5]

1.2.4.2.3. Etude clinique des kystes :

1.2.4.2.3.1. Evolution :[13]

Sur le plan clinique, le kyste radiculaire se développe d'une manière asymptomatique. Le taux de croissance d'un kyste radiculaire a été estimé à environ 5 mm par an. Au cours de leur évolution les kystes radiculodentaires, comme tous les autres kystes des maxillaires, passent par 4 stades :

- ❖ Phase de latence : le kyste est de petite taille et ne présente pas de symptômes si les signes de desmodontite ne donnent pas l'éveil. La radiographie rétro alvéolaire révèle une image radioclaire de 1 cm de diamètre entourant l'extrémité de la racine, a contours arrondis bien limités. Les phénomènes douloureux ne surviennent qu'à l'occasion d'une exacerbation du processus inflammatoire.
- ❖ Phase de déformation : l'extension est silencieuse, marquée par une soufflure de la table externe due à l'augmentation progressive du volume kystique. La muqueuse de recouvrement est généralement d'aspect normal.

La déformation intra buccale des kystes volumineux maxillaires est souvent vestibulaire sauf pour les incisives latérales où l'extension est palatine même chose pour les racines palatines des premières prémolaires et des trois molaires.

Les kystes radiculaires mandibulaires ont une évolution vestibulaire souvent tardive en raison de l'épaisseur des corticales osseuses.

- ❖ Phase d'extériorisation : ou cliniquement, une masse dépressible est palpable. Elle est fluctuante et indolore. La ponction ramène un liquide jaune clair, citrin, parfois hématique, brun chocolat, contenant des paillettes de cholestérol.
- ❖ Phase d'ouverture ou de fistulisation : dans 10% des cas la fistulisation est spontanée ; la table osseuse étant lysée, il ne subsiste plus que la muqueuse qui s'amincit progressivement jusqu'à la fistulisation. La fistule donne issue à un liquide séreux ou séro-hématique.

### 1.2.4.2.3.2. Etiologies :

Ces kystes sont le plus souvent dus aux complications infectieuses des pulpopathies non ou insuffisamment traitées. Les germes endocanalaire prolifèrent et agissent en synergie, libérant des toxines et des enzymes, créant ainsi le point de départ d'un processus inflammatoire et infectieux impliquant des réactions immunitaires à médiation cellulaires ou humorale.

La réponse apicale face à cette agression peut être brutale ou sous la forme aiguë d'un abcès qui peut évoluer vers la forme chronique ou être d'emblée chronique. Le passage d'une forme à l'autre étant possible dans les deux sens.

### 1.2.4.2.4. Etude anatomo-pathologique :

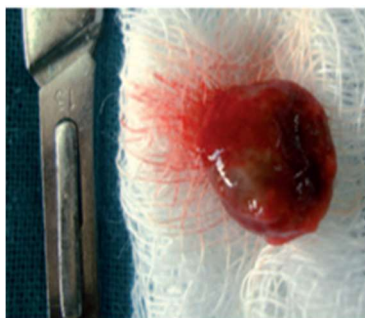
#### ❖ Macroscopiquement :

Les kystes sont de taille variable (0,5 à plusieurs centimètres de diamètre), de localisation différente ; apicale ou latéro-radicaire. Ils sont parfois situés à l'emplacement d'une dent précédemment extraite et portent alors le nom de kyste résiduel.

Leur paroi, mince, se laisse facilement décoller de l'os dont elle est souvent séparée par un bon plan de clivage. Leur lumière contient un liquide citrin, visqueux ou hématique, parsemé souvent de cristaux de cholestérol.[10]

Les quatre composantes d'un kyste apical vrai sont :[4]

- une cavité kystique, qui contient du tissu nécrotique et des érythrocytes, reliquats d'hémorragie. La présence de cristaux de cholestérol dans certaines cavités kystiques (29 à 43% des kystes) résulte de la précipitation des lipides issus des cellules désintégrées (érythrocytes, lymphocytes...) et des lipides circulants.
- un épithélium continu, qui borde cette cavité.
- une capsule fibreuse, collagénique, contenant l'ensemble des éléments précédents.



**Figure 6: aspect macroscopique de la pièce opératoire.**

Hakkou F, Chbicheb S, Achour I, El Wady W. Kystes inflammatoires des maxillaires : mise au point. Actual Odonto-Stomatol 2012;301–11. <https://doi.org/10.1051/aos/2012402>.

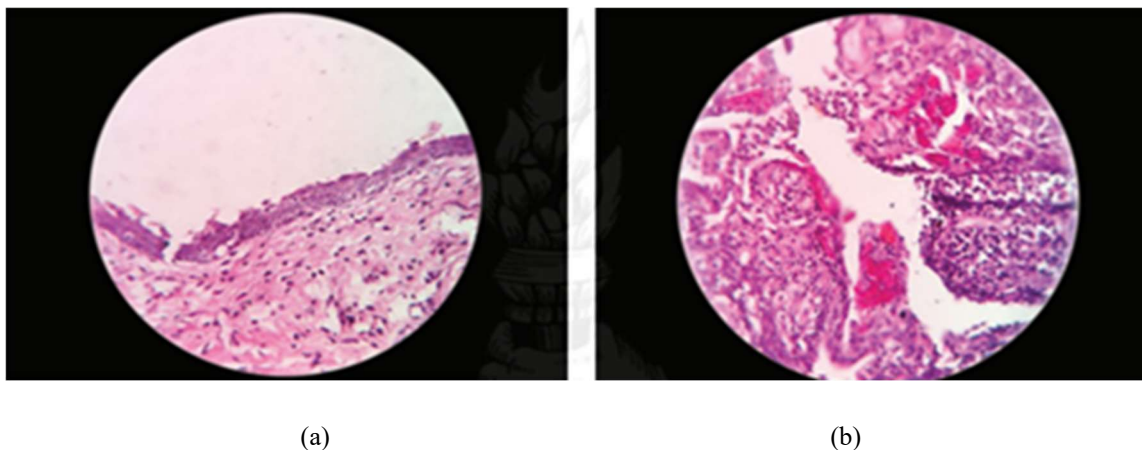
❖ Microscopiquement :

L'examen histologique des kystes radiculaires montre une cavité kystique bordée par un épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé, enflammé, hyperplasique et œdémateux, recouvrant une paroi pseudo capsulaire fibrocollagénique dense séparant la lésion de l'os, dans certain cas un épithélium cylindrique cilié peut être observé.[4]

Cet épithélium formant la paroi kystique peut présenter des signes de desquamation, il est souvent discontinu par des ulcérations, dont l'épaisseur dépend, en principe de l'évolutivité du processus inflammatoire : si ce dernier est très actif, l'épithélium est épais, avec de multiples invaginations dans le tissu conjonctif adjacent ; s'il est minime, l'épithélium est mince (3 à 4 assises cellulaires).[10,12]

La lumière du kyste contient un tissu nécrotique et des amas de cellules à divers stade de dégradation.[10]

La cavité contient une sérosité faiblement éosinophile, dans certains cas des cristaux de cholestérol sont observés, ces cristaux sont généralement dissous par les produits chimiques utilisés dans le traitement histologique, par conséquent ils apparaissent comme " des aiguilles de pin " souvent entourés d'une accumulation dense de polynucléaire neutrophile. La cavité kystique est aussi occupée par un infiltrat inflammatoire lymphoplasmocytaires, histiocytaires, des macrophages et des corps de Russell.[4,10]



**Figure 7: (a) image histopathologique montrant un épithélium pavimenteux stratifié d'épaisseur variable. (b) le tissu conjonctif œdémateux avec nombreux infiltrats de cellules inflammatoire chronique.**

Kanipakam Y, Kulandairaj PL. Radicular Cyst (Periapical Cyst): A Case Report. J Sci Dent 2019;9:43–5. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10083-0908>.

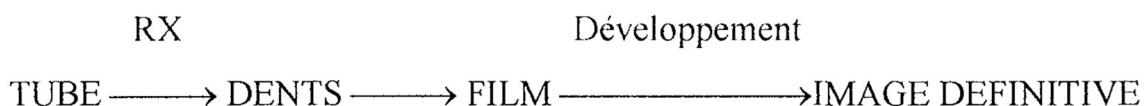
## 2. L'imagerie en médecine dentaire :

### 2.1. La radiographie conventionnelle :

#### 2.1.1. Définition :

L'image radiographique est la fixation sur un support des structures projetées par un faisceau de rayons X incidents. Donc, toute projection non idéale donnera une image différente de l'objet réel.[14]

Les rayons X produit par le générateur traversent les divers corps plus ou moins facilement et vont heurter le film, plus précisément l'émulsion sensible qui le constitue, pour ensuite être stoppés par la feuille de plomb. Les rayons X impressionnent les émulsions photographiques. Ce film sera ensuite rendu visible par son traitement. Il s'agit là d'une réaction chimique.[14]



#### 2.1.2. Avantage de la radiographie conventionnelle :

- une meilleure définition avec des images d'une très grande finesse (supérieure à 20 paires de lignes/mm),

- une facilité d'utilisation et de manipulation
- une latitude d'exposition élevée.
- la possibilité d'utiliser des angulateurs.
- la présence de multiples formats (taille 0 enfant de  $2 \times 3$  cm, taille 1 antérieure de  $2 \times 4$  cm, taille 2 standard de  $3 \times 4$  cm, taille 3 rétro-coronaire de  $3 \times 5$  cm et taille 4 occlusale de  $5 \times 7$  cm).
- un usage unique des films évitant le risque de contamination croisée
- L'absence de nécessité d'un ordinateur.[15]

### 2.1.3. Inconvénient :

- la nécessité de doses d'exposition supérieures aux techniques numériques (leur sensibilité étant inférieure).
- la nécessité de développer les films en chambre noire avec un temps de développement long (plusieurs minutes).
- une procédure de développement rigoureuse très opérateur-dépendante.
- la manipulation de produits chimiques avec le problème de l'élimination de ces déchets.
- la nécessité de séchage et de marquage des films.
- une image statique et définitive ne pouvant être modifiée ultérieurement.
- ainsi que la gestion des stocks nécessitant organisation et espace avec un coût important des films et des produits de développement.[15]

### 2.1.4. Les types d'imagerie conventionnelle :

#### 2.1.4.1. Le panoramique :

##### 2.1.4.1.1. Définition :

La radiographie panoramique, ou orthopantomogramme, est une des techniques de radiographie dentaire extra-orale. Elle permet d'obtenir une image des arcades dentaires ainsi que des structures avoisinantes sur un unique film grâce à une faible exposition (0,006mSv). En complément de l'examen clinique, l'orthopantomogramme est l'examen d'imagerie de première intention. [16]

##### 2.1.4.1.2. Indication :

Tous les auteurs s'accordent à dire que cet examen de première intention est indispensable mais il n'en demeure pas moins insuffisant puisqu'il ne donne qu'une idée estimative de l'os disponible.

Par ailleurs, il guide la réalisation de l'examen tomодensitométrique et en facilite l'interprétation grâce à la vision globale des arcades.[17]

### 2.1.4.1.3. Avantage :

- Cet examen donne une vision globale des arcades dentaires et des maxillaires sur un même cliché.
- Il permet de repérer les obstacles anatomiques tels que les sinus, les fosses nasales, le canal alvéolaire inférieur et son émergence au foramen mentonnier.
- la présence de pathologies endo-osseuses peut être découverte ou confirmée.
- La radiographie panoramique dentaire est un examen rapide et simple à effectuer.
- L'irradiation est faible, la dose efficace d'une radiographie panoramique 2D varie de 4,0 à 30 uSv.[17]

### 2.1.4.1.4. Inconvénient :

- Les dimensions de cette radiographie ne sont pas exactes puisqu'il existe un agrandissement des dimensions verticales.
- L'épaisseur vestibulo-linguale reste inconnue donc la résorption vestibulo-linguale n'est pas appréciable, d'où l'intérêt de réaliser des examens complémentaires en trois dimensions.
- on préférera effectuer des clichés rétro-alvéolaires pour les contrôles périodiques.
- de plus, la radiographie panoramique ne fournit pas de renseignements sur la qualité de l'os spongieux, le noircissement est en fonction des doses émises.[17]

### 2.1.4.1.5. Limite :

- La définition de l'image panoramique (5 paires de lignes/mm) est inférieure à celle d'une radiographie rétro alvéolaire (20 paires de lignes/mm).
- l'image est en deux dimensions et ignore la composante vestibulo-linguale
- Sa lecture est rendue difficile par la multitude d'éléments qui se superposent.[16]

### 2.1.4.2. La rétro alvéolaire :

#### 2.1.4.2.1. Définition :



Le cliché rétro-alvéolaire est une projection radiologique sur un film de taille réduite permettant une étude détaillée d'une dent et de son environnement[16]



**Figure 8 : : Film correctement placé et maintenu sous la digue dentaire à l'aide d'un hémostatique**

Ilan Rotstein, John I. Ingle - Ingle's Endodontics (2019, PMPH USA) - libgen.li.pdf n.d.

#### 2.1.4.2.2. Technique :

Il existe plusieurs méthodes pour réaliser les radiographies (méthode de Dieck dite de la bissectrice, technique de Clark, clichés occlusaux), toutefois ces techniques tendent à disparaître et à être remplacées par la méthode des faisceaux parallèles. [15]

##### ➤ Technique de la bissectrice :

La technique de la bissectrice est aussi appelée technique isométrique de Cieszynski. Le principe de cette technique est de placer le récepteur au contact de la couronne de la dent et de la muqueuse, puis de visualiser la bissectrice de l'angle formé par le grand axe de la dent et l'axe du récepteur pour placer le tube radiogène de manière à ce que le faisceau de rayons X passe perpendiculairement à cette bissectrice. Ce principe géométrique permet d'obtenir une image où la longueur des dents correspond à leur taille réelle.[15]

##### ➤ Avantage :

- un positionnement relativement simple, rapide et raisonnablement confortable pour le patient dans tous les secteurs.
- Si les angulations sont bien respectées, l'image correspond à la réalité.

##### ➤ Inconvénients :

- difficulté de positionnement du tube radiogène qui conduira fréquemment à une distorsion de l'image de la dent qui apparaît allongée ou réduite.

- l'absence de reproductibilité des clichés.
  - le risque d'une image tronquée à cause d'un mauvais centrage du tube radiogène.
  - un niveau d'os crestal peu visible.
  - une superposition de l'arcade zygomatique sur les apex des molaires supérieures.
  - La technique de la bissectrice nécessite une angulation plus verticale du tube radiogène dirigeant le faisceau primaire vers la glande thyroïdienne ou les yeux.[15]
- Technique des plans parallèles :

La méthode des faisceaux parallèles nécessite :

- Un tube radiologique à haute tension 90kV sous 10 à 15 mA.
- Un film 24x40 mm vertical ou 31x41 horizontal selon le secteur.
- Un porte-film.
- Un anneau de Rinn ou autre.

Elle consiste à placer le récepteur le plus près possible de la dent et parallèlement au grand axe de celle-ci à l'aide d'un porte-récepteur et faire passer le faisceau de rayons X perpendiculairement à la dent et au capteur.

L'utilisation du porte-récepteur est primordiale notamment avec les collimateurs rectangulaires et permet de bien positionner le tube radiogène afin de ne pas avoir de distorsion de l'image[15].

➤ Avantage :

- Une image respectant la géométrie de la longueur des dents, des couronnes et des tissus parodontaux avec un minimum d'allongement, de rétrécissement ou de distorsion de l'image.
- Une amélioration de la qualité de l'image en réduisant le phénomène de pénombre.
- Une image reproductible et standardisée qui permet le suivi d'une pathologie.
- Une angulation et un centrage du tube radiogène facilement déterminés par le dispositif de visée de l'angulateur.
- Une bonne visualisation du niveau de l'os crestal et la projection de l'arcade zygomatique au-dessus des apex des molaires maxillaires[15].

➤ inconvénient :

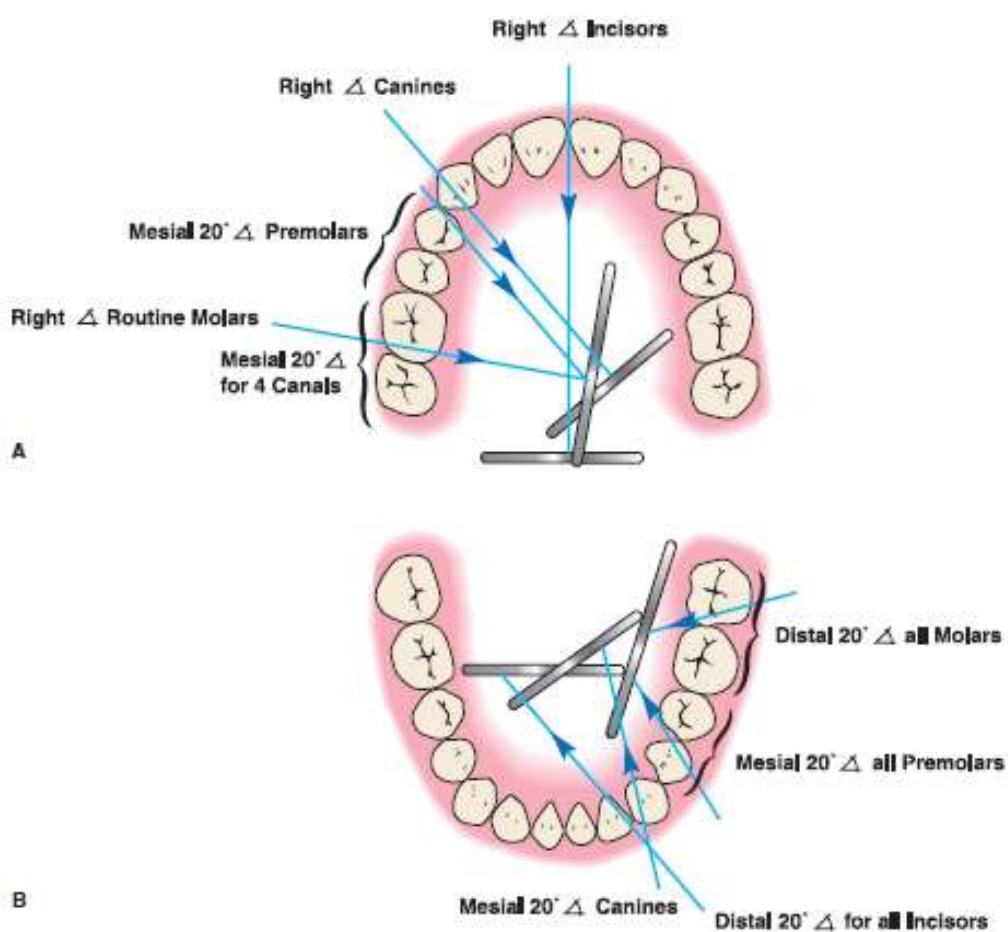
- Un positionnement du récepteur inconfortable pour le patient, notamment en secteur postérieur où il peut déclencher un réflexe nauséux.
- La mise en œuvre de cette technique peut être impossible dans certains cas, tout particulièrement au niveau maxillaire lorsque le palais est plat. [15]

➤ Incidences excentrées :

Il peut être nécessaire de réaliser des incidences excentrées lors de superpositions radiculaires ou de recherche de fracture radiculaire par exemples.

On peut également modifier l'angulation dans le sens horizontal mésial ou distal : dans ce cas on observe sur l'image un décalage des éléments palatins ou linguaux.

Cette angulation horizontale permet d'éviter la superposition d'éléments comme les canaux d'une même dent en endodontie. La technique d'angulation horizontale est aussi connue sous le nom de règle de Clark.[15]



**Figure 9: (a) Position du film maxillaire/du faisceau central (flèches). (b) Position du film mandibulaire/du faisceau central)**

Ilan Rotstein, John I. Ingle - Ingle's Endodontics (2019, PMPH USA) - libgen.li.pdf n.d.

### 2.1.4.2.3. Indication :

- La radiographie rétro-alvéolaire est employée pour le bilan dento-parodontal, elle permet l'évaluation de la santé des tissus parodontaux et de la résorption osseuse verticale.
- Les contrôles post-chirurgicaux périodiques sont fiables car les clichés rétro-alvéolaires nous montrent l'os péri-alvéolaire contrairement à la radiographie panoramique.
- Elle sera plus indiquée dans les secteurs dentés que dans les secteurs édentés où l'absence de repères constants (les dents) rend difficile l'obtention d'une technique rigoureusement parallèle.[17]

### 2.1.4.3. Mordu occlusal :

#### 2.1.4.3.1. Définition :

Les clichés occlusaux, souvent oubliés, peuvent se révéler une aide simple mais précieuse pour visualiser au maxillaire la position dans le plan vestibulo-palatin d'un élément inclus ou encore à la mandibule une lithiase salivaire dans la portion terminale du canal excréteur des glandes sub-mandibulaires.[15]

#### 2.1.4.3.2. Technique :

Les mordu sont généralement réalisés avec un récepteur de  $57 \times 76$  mm et maintenus dans le plan occlusal par morsure chez l'enfant en denture temporaire on utilise plutôt un récepteur de  $3 \times 4$  cm. [15]

##### ➤ Mordu ortho-occlusaux (orthocentrés) :

Pour un mordu maxillaire ortho-occlusal, le récepteur est positionner dans un plan horizontal selon un grand axe droite-gauche et le tube radiogène médian est placé au-dessus du nez avec un angle de  $65^\circ$  ou seulement de  $45^\circ$  par rapport au récepteur. [15]

Au niveau mandibulaire :

Soit le récepteur est centré avec un grand axe droite-gauche, la tête du patient en hyper extension et le tube radiogène médian avec un axe de  $90^\circ$  par rapport au récepteur soit il est centré avec un grand axe antéropostérieur et le tube radiogène médian avec un axe de  $45^\circ$  par rapport au récepteur.[15]

### 2.1.5. Les limites de la radiographie conventionnelle :

- Superposition de l'anatomie tridimensionnelle.[19]

- Bruit anatomique : les caractéristiques anatomiques situées à l'intérieur des racines examinées ou superposées à celles-ci peuvent assombrir la zone. Ce phénomène est parfois appelé "bruit anatomique «plus il est complexe, plus la réduction du contraste dans la zone d'intérêt est importante ». L'image radiographique qui en résulte peut être plus difficile à interpréter.[19]



**Figure 10: : Bruit anatomique. (a) Une radio-transparence péri apicale est clairement visible et est associée à l'incisive maxillaire gauche (flèche jaune). (b) Une deuxième radiographie prise avec un décalage horizontal de 10 degrés révèle une radio-transparence péri apicale supplémentaire (flèche rouge) associée à l'incisive maxillaire gauche. Cette « nouvelle » radio transparence est le foramen incisif**

Patel S, Harvey S, Shemesh H, Durack C. Cone Beam Computed Tomography in Endodontics. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2016.

- Radiographies de suivi : des images séquentielles prises sur une certaine période sont nécessaires pour déterminer les résultats du traitement endodontique, une comparaison précise ne peut être effectuée que lorsque ces images ont été standardisées en ce qui concerne la géométrie du rayonnement, la densité et le contraste, des radiographies mal normalisées peuvent conduire à une mauvaise interprétation de l'état de la maladie.[19]
- Distorsion géométrique :  
chez certains patients ayant, par exemple, une petite bouche ou un réflexe nauséux prononcé, des limitations anatomiques, telles qu'une voûte palatine peu profonde, empêchent le positionnement idéal du récepteur d'image intra-buccal sera difficile, ce qui entraîne une orientation incorrecte dans l'axe long, qui se traduit à son tour par une distorsion géométrique (mauvaise géométrie de projection).[19]

### 2.2. La radiographie numérisée :

#### 2.2.1. RVG :

##### 2.2.1.1. Définition :

L'imagerie numérique consiste en un traitement informatique des données présentes dans le récepteur à la suite de la prise du cliché. La technique varie selon le type de capteur utilisé et aboutit à l'obtention d'une image d'autant plus définie que le nombre de pixels (Picture élément cells), éléments contigus distincts, est élevé pour une surface donnée.

Il existe deux technologies de capteurs numériques. La plus répandue est celle des capteurs solides à numérisation directe avec les capteurs à transfert de charge CCD (charge Coupled device), les capteurs CMOS (complementary metal oxide semi conductor), CMOS/APS (active pixel sensor) et techniques hybrides CCD/CMOS.

L'autre technologie est celle des capteurs à numérisation indirecte ou "à mémoire" avec les capteurs ERLM (écran radio luminescent à mémoire) appelés "plaques au phosphore" ou PSP (photo-stimulablephosphor).[15]



**Figure 11: Dispositifs de stabilisation des récepteurs pour l'imagerie intra-orale**

Mahmoud Torabinejad\_ Ashraf Fouad\_ Shahrkh Shabahang - Endodontics E-Book\_ Principles and Practice (2020, Elsevier Health Sciences) - libgen.li.pdf n.d.

##### 2.2.1.2. Avantage :

- La réduction du temps d'exposition et, par conséquent, de la dose d'irradiation.
- Un gain de temps (rapidité de l'obtention de l'image) et d'ergonomie.
- L'absence de chambre noire, de produits chimiques et d'approvisionnement en films ce qui est, entre autres, une avancée écologique et économique.
- Au niveau de l'image on obtient, outre une qualité et une résolution très satisfaisantes.

- La possibilité de traitements informatiques rapides voire instantanés (luminosité, contraste, saturation, pseudo-relief, inversion des couleurs, pseudo-colorisation, zoom, règle) (figure 26) rendant l'image dynamique.
- La possibilité de faire des copies.
- Une facilité de stockage et d'archivage dans le dossier informatique du patient.
- Une facilité de transmission à des confrères.
- Une conservation parfaite sans altération dans le temps et une meilleure information et communication avec le patient à travers l'écran[15]

### 2.2.1.3. Inconvénient :

- Le coût d'équipement et de maintenance élevé.
- Des précautions rigoureuses d'hygiène car le capteur est réutilisable avec des pochettes de protection à usage unique.
- La nécessité de systèmes de stockage et de sauvegarde (serveur, disque dur,...) et une qualité qui se perd lors de l'impression sur papier.
- En termes de contrôle des infections, les capteurs sont des dispositifs semi-critique qui doivent être désinfectés entre chaque patient et être recouverts d'une protection lors de leur utilisation (une étude a montré qu'une protection plastique ne restait pas étanche dans 44% des cas lors d'une radiographie).[15]



**Figure 12: Évaluations endodontiques à l'aide de l'appareil Kodak RVG 6000 (kodak dental imaging, marne-la-vallée, France à l'aide du système CMOS)**

Ilan Rotstein, John I. Ingle - Ingle's Endodontics (2019, PMPH USA) - libgen.li.pdf n.d.

### 2.2.2. Cône beam :

#### 2.2.2.1. Définition :

tomographie volumétrique à faisceau conique (CBVT) est une technique qui facilite le passage d'une approche 2D à une approche 3D dans l'acquisition et l'interprétation des images.[21]

### 2.2.2.2. Principe :

L'appareil utilise un faisceau de rayonnement ionisant de forme conique, qui passe par le centre de la région d'intérêt. Un détecteur de rayons X est fixé à un portique rotatif capte le rayonnement de l'autre côté. L'information résultante est ensuite générée numériquement par une série de projections planes multiples du champ de vision (FOV). L'image est capturée sous forme de pixels tridimensionnels appelés voxels avec une résolution allant de 0,4 à 0,076 mm.[21]



**Figure 13: Exemple d'un appareil de tomographie à faisceau conique (CBCT) avec de petits champs de vision (FOV)**

Mahmoud Torabinejad\_ Ashraf Fouad\_ Shahrkh Shabahang - Endodontics E-Book\_ Principles and Practice (2020, Elsevier Health Sciences) - libgen.li.pdf n.d.

### 2.2.2.3. Application en endodontie :

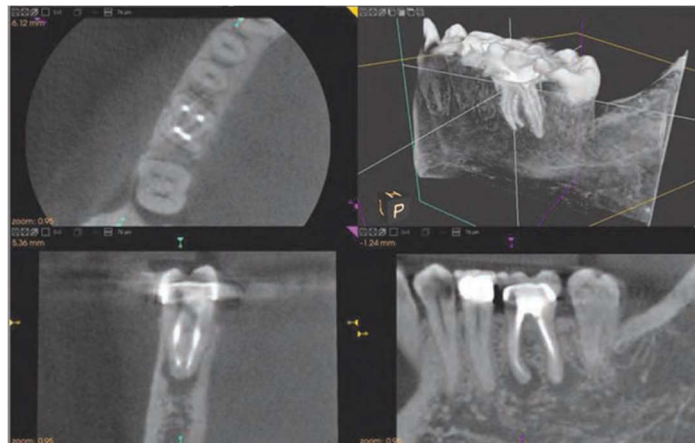
- Le diagnostic des lésions péri radiculaires.
- La visualisation du canal.
- Evaluation de la résorption interne et externe.
- Détection de fractures radiculaires et d'autres traumatismes dentoalvéolaires.
- Préparation à la chirurgie endodontique et détection des métamorphoses.[21]

### 2.2.2.4. Avantage :

- Temps de balayage rapide.
- Limitation du faisceau.



- Précision de l'image.
- Réduction de la dose de radiation au patient.
- Modes d'affichage interactifs applicables à l'imagerie maxillo-faciale.
- Reformation multi planaire, et rendu de volume tridimensionnel.[21]



**Figure 14: : CBCT fournissant des vues tridimensionnelles dans les directions axiale, coronale et sagittale**

V. Gopikrishna - Grossman's Endodontic Practice (2020, Wolters Kluwer India) - libgen.li.pdf n.d.

### 2.2.2.5. Les limites :

- Artéfacts (liés au faisceau de rayons X, au patient, au faisceau conique et au scanner).
- Bruit d'image .
- Faible contraste des tissus mous.[21]

### 2.2.3. Scanner :

#### 2.2.3.1. Définition :

Le scanner encore est appelé tomodynamomètre est une technique permettant d'obtenir une image de l'organisme en coupes, c'est le britannique Hounsfield, en 1968, qui mit au point la tomodynamométrie et reçut le Prix Nobel de Médecine en 1979.[17]

#### 2.2.3.2. Technique :

On réalise des coupes coronales directes, perpendiculaires au grand axe de la crête alvéolaire, l'exécution n'est pas toujours facile. En effet, on positionne le patient soit en pro cubitus, tête en hyper extension maximale, soit en décubitus dorsal tête défléchi vers l'arrière, pour obtenir l'orthogonalité, l'angle du statif varie de +25° à -20°.

A la mandibule ;on réalise des coupes axiales parallèles au bord basilaire de la mandibule, puis des coupes coronales perpendiculaires au grand axe de la mandibule, les coupes sont millimétriques, jointives ou mieux chevauchées pour le maxillaire.[17]

2.2.3.3. Les avantages :

- La lecture directe des clichés à l'échelle réelle est possible si et seulement si l'orthogonalité des coupes coronales est respectée.
- Le scanner possède une définition spatiale excellente, 0.4 mm au lieu de 1 mm pour les tomographies conventionnelles mettant ainsi en évidence des éléments non identifiables en imagerie conventionnelle.
- L'analyse et le traitement des informations permettent de multiplier la sensibilité du système par un facteur d'environ 200 par rapport aux techniques conventionnelles.
- La numérisation et le traitement de l'image permettent l'étude de l'os et des tissus mous sur un même cliché, l'irradiation du patient est faible, par rapport au même examen réalisé en tomographie conventionnelle, mais il faut noter quand même l'irradiation de la thyroïde et du cristallin.[17]

2.2.3.4. Les inconvénients :

- Une vue globale insuffisante des maxillaires, le panoramique reste toujours nécessaire.
- L'examen est relativement lourd et inconfortable pour le patient.
- L'irradiation des organes sensibles tels que la thyroïde et le cristallin.
- Le calcul de la densité de l'os reste subjectif mais il donne néanmoins une estimation qui doit être corrélée avec l'appréciation de la trabéculatation osseuse.
- Pour les coupes coronales directes, il existe des possibilités d'erreurs des mesures verticales si la stricte orthogonalité n'est pas respectée, de même les mesures vestibulo-linguales ne sont pas fiables sur les coupes frontales.
- La réalisation d'un examen tomodensitométrique de la sphère buccale engendre de nombreux artéfacts, hormis ceux, liés à l'altération des détecteurs, des circuits informatiques, les plus fréquents sont engendrés par les mouvements involontaires du patient et par la présence des restaurations métalliques endobuccales.[17]

2.2.3.5. Les indications :

Pour les bilans radiologiques spécifiques ;lorsque la zone à étudier est de grande étendue, ou bien en rapport avec des structures anatomiques.[17]

2.2.3.6. Les contre-indications :

Les patients qui présentent un cou court ou des troubles vasculaires de type d'insuffisance vertébro-basilaire. En effet, le positionnement correct, chez ces patients est impossible pour réaliser les coupes coronales mais cela n'exclut pas les coupes axiales.[17]

### 2.2.4. Imagerie par résonance magnétique (IRM) :

#### 2.2.4.1. Définition :

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technique spécialisée qui utilise des atomes d'hydrogène (un proton et un électron) et un champ magnétique pour produire une image. Cette technique d'imagerie n'utilise pas de radiations ionisantes.[19]



**Figure 15: Bobine de boucle RF intra-orale contenant une feuille de cuivre de 10 mm de large. Sa conception a été adaptée à l'arcade maxillaire d'un adulte et l'ensemble de bobines expérimentales in vivo. L'antenne a été placée en position occlusale**

Ilan Rotstein, John I. Ingle - Ingle's Endodontics (2019, PMPH USA) - libgen.li.pdf n.d.

#### 2.2.4.2. Indication :

- L'étude des lésions des tissus mous dans les glandes salivaires.
- L'étude de l'articulation temporo-mandibulaire et l'étude de l'articulation de la mâchoire.
- L'examen de l'articulation temporo-mandibulaire, pour la stadification des tumeurs.
- La planification du traitement des implants dentaires

- Pour évaluer une cohorte de patients atteints de maladies péri apicales.
- Différencier les racines des dents à racines multiples et la nature des lésions péri apicales, ainsi que le remodelage de l'os cortical.[19]

### 2.2.4.3. Les limites :

- Une résolution médiocre par rapport aux images radiographiques conventionnelles.
- Les temps de balayage de la technique d'IRM sont longs.
- Le coût et l'entretien de l'IRM sont élevés.
- Les tissus durs dentaires (par exemple l'émail et la dentine) ne peuvent pas être différenciés les uns des autres, ni des objets métalliques, car ils apparaissent tous radio transparents.
- Les scanners IRM nécessitent des radiographes hautement qualifiés pour prendre l'image et des radiologues pour interpréter l'image obtenue.[19]

### 2.2.4.4. La radioprotection :

Les rayons X sont des radiations ionisantes qui peuvent traverser le corps et ont des effets très nocifs sur la santé pour des durées d'exposition longues ou répétées et/ou pour de fortes intensités

La radioprotection c'est l'ensemble des mesures prises pour assurer la protection du praticien ainsi du patient contre les effets néfastes des rayonnements ionisants.

La protection contre le rayonnement X est donc impérative, tant par la prévention collective (vérification périodique des appareils, formation à leur utilisation, délimitation et signalisation des zones d'émission, écrans de protection...) que par la prévention individuelle (dosimétrie, surveillance médicale renforcée, port d'équipements de protection

## 2.3. L'imagerie par ultrasons :

### 2.3.1. Historique :

L'idée de méthodes ultrasonores destinées à la détection d'obstacles fut suscitée par le naufrage du Titanic en 1912.[22]

En 1916 les premiers transducteurs ultrasonores à quartz ont été découverts par Paul Langevin pour la détection sous-marine. Le principe est simple, émission d'une impulsion sonore et réception de l'écho qui est produit lorsque cette impulsion rencontre un objet.[22,23]

La première utilisation diagnostique des ultrasons dans le domaine médical fut l'œuvre de Karl Dussik, neurologue, qui développa, vers la fin des années 1930, une méthode en transmission pour détecter les tumeurs cérébrales.[22,24]

Les images réalisées avec les échographes de première génération, vers la fin des années 1960, étaient obtenues par un balayage manuel de la sonde ultrasonore créé par l'ingénieur Tom Brown en collaboration avec le gynécologue Ian Donald. Sur ces images dites bistables ; seule la silhouette des organes ou des lésions était observée.[22]

Dans les années 1970, les échographes à balayage mécanique avec déplacement motorisé et rapide de la sonde ont été apparus, l'écho structure des tissus devient visible avec l'emploi des convertisseurs d'image donnant des images en échelle de gris. Les progrès suivants portent sur l'introduction des techniques de vélocimétrie par effet Doppler.[22,25]

La dernière décennie du XXe siècle a été marquée par de nombreuses avancées concernant essentiellement les techniques numériques, les produits de contraste, l'imagerie harmonique et l'imagerie 3D.[22]

### 2.3.2. Définition de l'échographie :

Le mot « échographie » provient de la nymphe Écho dans la mythologie grecque qui représentait ce phénomène et d'une racine grecque Graphô (écrire). Il se définit donc comme étant « un écrit par l'écho ». Le terme « échographie » désigne aussi bien l'acte médical que l'image qui en découle, abrégé au féminin en « une écho ».[24]

L'échographie est une technique d'imagerie ultrasonore qui est inoffensive, non invasive et non vulnérantes dans les conditions usuelles d'utilisation qui permet une étude morphologique des structures explorées. Elle ne nécessite aucune prémédication ni une préparation particulière. Elle peut se faire au lit du malade et en couveuse grâce à des appareils transportables.[26]

L'échographie est un moyen de guidage rapide, mobilisable, non irradiant, offrant une image dans tous les plans de l'espace[22], elle se caractérise par une exploration en temps réel, et se distingue par une haute résolution spatiale et temporelle.[26]

L'échographie apparaît de plus en plus comme le complément indispensable des clichés radiologiques standards, en continuité directe de l'examen clinique : on parle d'un couple «radio-échographie».[22]1 Elle est également utilisée en imagerie interventionnelle pour diriger les gestes de ponction ou de biopsie, et elle peut guider l'exploration chirurgicale.[27]

### 2.3.3. Les principes physiques de l'écho :

#### 2.3.3.1. Définition des ultrasons :

Ils ont été découverts en 1883 par un physiologiste anglais nommé Francis Galton. Un peu plus tard, le français Paul Langevin a développé une méthode afin de créer ces ultrasons en utilisant les propriétés piézoélectriques des céramiques.[28]

Les ultrasons sont des ondes sonores, qui se propage dans un milieu élastique, en d'autres termes, elle correspond à la propagation d'une énergie mécanique dans un milieu matériel (gazeux, liquide ou solide). Leurs propriétés permettent d'obtenir des renseignements sur les distances et sur la nature des milieux traversés.[22,28]

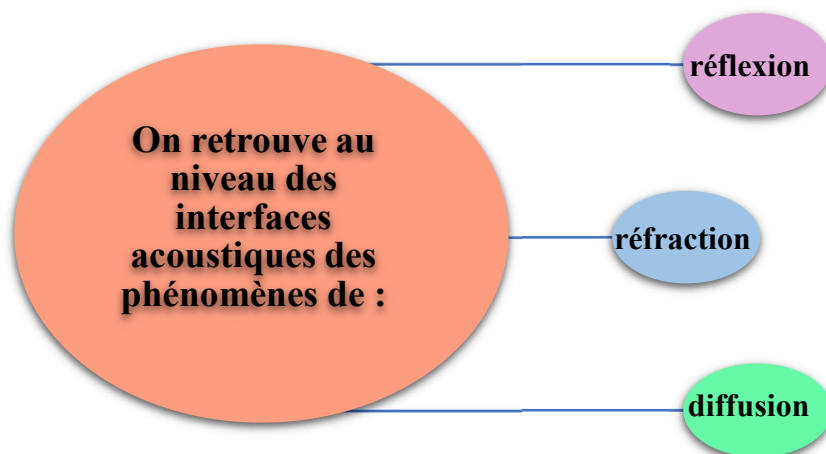
L'onde ultrasonore est le résultat d'un mouvement de vibrations mécaniques qui sont dues à des variations de pression des milieux traversés. Leur fréquence se situe au-dessus du seuil de fréquence audible par l'homme :  $f > 16000$  Hz.[22,26]

#### 2.3.3.2. Interaction des ultrasons avec la matière :

Une interface acoustique est la frontière entre deux milieux d'impédances acoustiques différentes, le faisceau US qui rencontre ces interfaces subit des phénomènes régis par les mêmes lois que celles de la propagation de la lumière.[22,29]

Lorsqu'on observe les signaux émis et reçus sur l'écran d'un oscilloscope, on note deux principales différences entre le faisceau incident et le faisceau transmis : leur amplitude et leur phase. En effet, une atténuation a lieu entre ces deux faisceaux ; l'amplitude du faisceau sortant est inférieure à celle du faisceau entrant. Cette atténuation du signal justifie l'existence d'une interaction des ondes ultrasonores avec les milieux.[28]

Il existe plusieurs types d'interaction entre les ultrasons et la matière à l'origine d'un signal échographique.[22]



### 2.3.3.2.1. La réflexion :

Lorsqu'une onde passe d'un milieu à un autre, une partie de l'énergie incidente est transmise au travers de l'interface, l'autre est réfléchi. En échographie, la détection de la fraction réfléchi (écho) est à l'origine de la formation de l'image.[29,30]

Dans le cas de l'interface air / peau, La réflexion est trop importante (99 %) et ne permet pas aux ultrasons de pénétrer la peau, donc d'étudier le corps humain. il est obligatoire d'appliquer du gel échographique(impédance proche de celle des tissus mous), pour diminuer la réflexion entre le transducteur et la peau.[22]

### 2.3.3.2.2. La réfraction :

Lorsque 2 tissus juxtaposés ont une impédance très différente (tissu calcifié ou air / tissu mou), le faisceau est réfléchi en grande partie, à l'origine du phénomène de l'ombre acoustique créé par l'interruption de la propagation du faisceau aveuglant les structures sous-jacentes.[30]

### 2.3.3.2.3. La diffusion :

C'est une interaction qui se produit lorsque le faisceau ultrasonore rencontre une interface dont les dimensions sont très petites par rapport à sa longueur d'onde.[30]

L'objet rencontré vibre et réémet dans plusieurs directions une fraction minimale à la même fréquence que l'onde incidente, cela constitue une perte d'énergie puisque cette partie ne traverse pas le milieu étudié.[22]

L'image de diffusion (par les globules rouges par exemple) renseigne sur l'homogénéité de la structure interne de l'organe. Une diffusion non homogène indique la présence d'hétérogénéités locales.[29]

Ainsi, les ondes issues de la diffusion et revenantes vers la sonde sont porteuses d'informations sur la structure interne des organes, elles correspondent d'une certaine manière à leur «signature».[22]

### 2.3.4. Description (matériels) :

Les échographes associent cinq éléments principaux : [24,29]

- Les sondes, de fréquences différentes (3.5, 6 et 12 MHz)
- La console de commande, permettant l'introduction des données du patient et les différents réglages
- Le système informatique, qui convertit les signaux ultrasonores reçus par la sonde utilisée en données analogiques ou numériques;
- Le système de visualisation : le moniteur
- Le système d'enregistrement des données

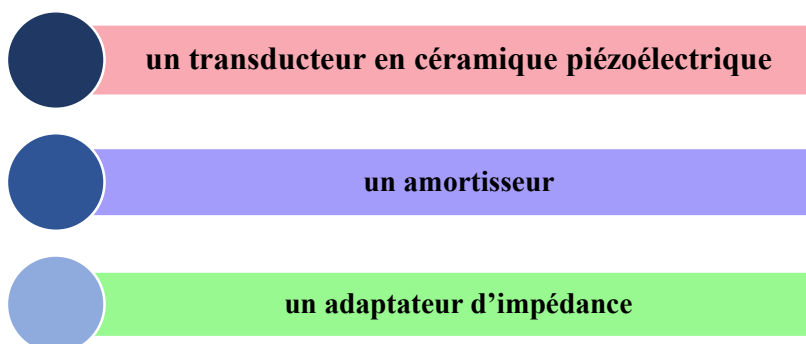
#### 2.3.4.1. Le transducteur :

Un des principaux composants d'un échographe est la sonde, qu'on appelle « transducteur ».[31]

C'est un boîtier isolant de protection, Il produit une onde sonore d'une vitesse constante (1 540 m/s).[29,32]

La sonde doit être tenue en prenant appui sur le patient, l'opérateur à la droite du patient, si possible assis.[32]

La sonde échographique comporte trois composants principaux :[29]



#### 2.3.4.1.1. Le transducteur en céramique piézoélectrique :



Élément de base actif de la sonde, qui permet d'émettre et de recevoir des ultrasons. Le faisceau d'ultrasons est obtenu en utilisant l'effet piézoélectrique.[29]

Cette céramique est caractérisée par une fréquence de résonance déterminée par la nature du matériau et par son épaisseur.[29]

En médecine, on utilise des sondes de 2 à 20 MHz :[22]

- fréquence élevée ( $f > 7$  MHz)  $\Rightarrow$  bonne résolution axiale mais pénétration insuffisante pour une exploration en profondeur;
- fréquence faible ( $f < 3$  MHz)  $\Rightarrow$  résolution axiale moyenne mais pénétration suffisante pour une exploration en profondeur.

2.3.4.1.2. L'amortisseur :

Placé en arrière des céramiques, Il a pour rôle d'amortir les vibrations de la céramique, et d'absorber les rayonnements émis en arrière afin d'empêcher les échos parasites. [28]

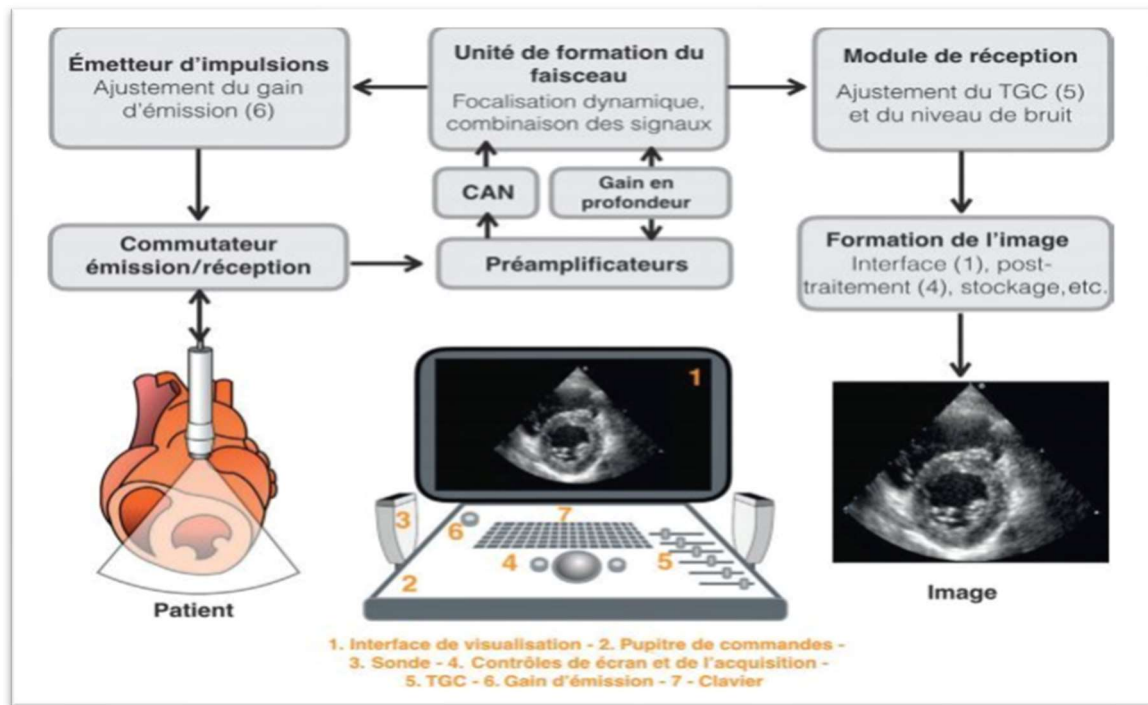
2.3.4.1.3. L'adaptateur d'impédance :

Il est réalisé en matériau non conducteur, il isole la peau et protège la céramique. [28]

2.3.5. Formation de l'image :

La chaîne de formation de l'image échographique met en jeu un certain nombre de composants :[22]

- Unité de formation de faisceau
- Émetteur d'impulsions : générateur d'impulsion
- Commutateur d'émission et de réception (transmit/receive switch)
- Pré-amplification et conversion analogique numérique (CAN)
- Direction de faisceau, focalisation dynamique et combinaison de signaux
- Module de réception



**Figure 16: les éléments de la formation de l'image échographique**

Legmann P, Bonnin-Fayet P. Guide d'échographie. 5e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2017.

Le signal échographique est premièrement transmis à l'unité centrale de formation sous forme électrique (par effet piézoélectrique) avant d'être représenté sous forme d'image en niveaux de gris. Pour passer d'un signal électrique à une image, plusieurs opérations sont nécessaires :[22]

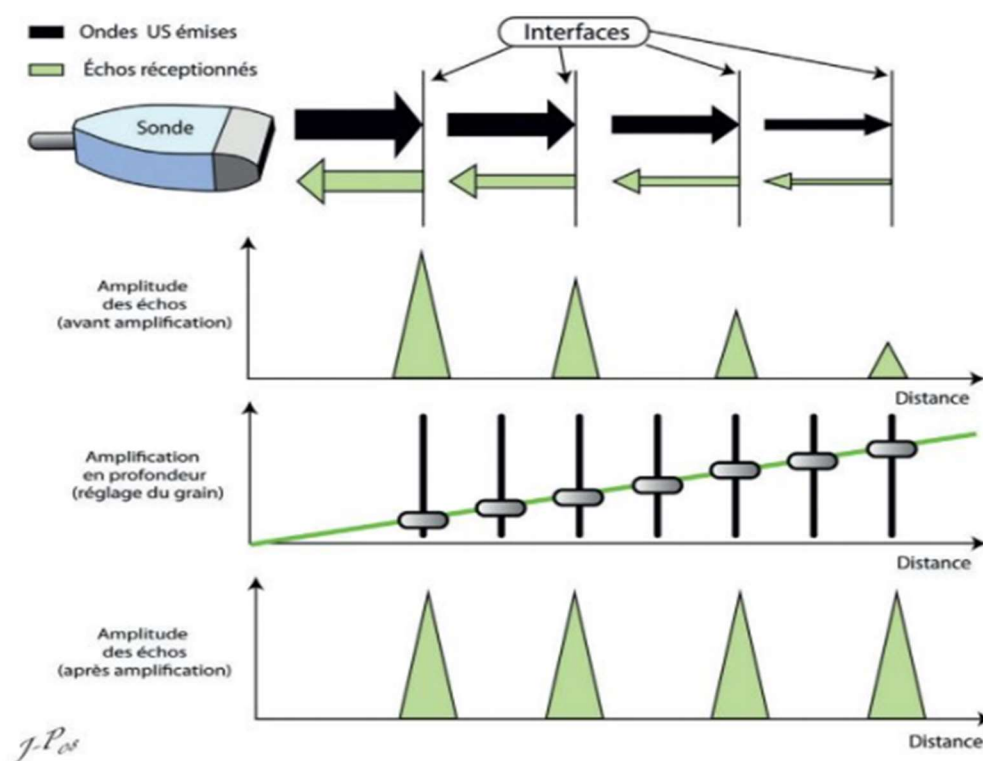
- Amplification des signaux électriques;
- Numérisation et traitement informatique.

### 2.3.5.1. Amplification :

On distingue principalement deux types d'amplification :[22]

- l'amplification globale des échos qui induit un gain de signal pour éclaircir l'image à l'écran
- l'amplification en profondeur : l'atténuation des échos varie avec la profondeur et les tissus rencontrés, les échos proviennent de structures profondes, leur intensité est moins élevée, donc il faut les amplifier.

On adapte le niveau d'amplification à chaque profondeur pour compenser l'atténuation du faisceau afin d'obtenir une image homogène, et on parle ainsi de gain en profondeur ou de Time Gain Compensation (TGC).



**Figure 17: Principe de l'amplification en profondeur**

.Legmann P, Bonnin-Fayet P. Guide d'échographie. 5e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2017.

La suite des opérations consiste à numériser et traiter l'information pour enfin faire correspondre au signal une échelle de gris.

Le post-traitement sur l'image consiste à effectuer :

Un fenêtrage, un zoom régional, un renforcement de contours, et une mesure de distance ou de surface.

Enregistrement et transfert des images sur un réseau radiologique (Picture Archiving and Communication System : PACS) et/ou impression.

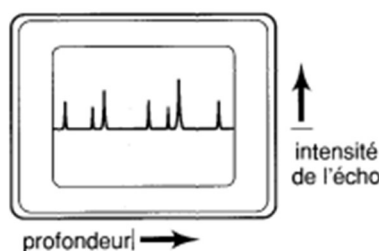
2.3.5.2. Modes de balayage :

## Chapitre I : Revue de littérature

Tous les appareils actuels sont fondés sur le principe de l'écho pulsé. L'onde ultrasonore n'est pas envoyée en continu, mais sous forme de «paquets d'ondes», laissant des temps morts utiles au recueil des échos.[22]

Les échos recueillis, la construction de l'image échographique se fait selon différents modes :

- La 1<sup>ère</sup> génération d'appareil échographique, c'est le mode d'enregistrement des différents échos en profondeur sous forme de PIC d'amplitude « ECHO A ».[28]



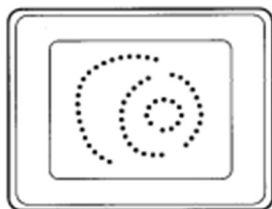
**Figure 18: Principe de mode A**

Manuel d'échographie // sous la direction de P. E. S. Palmer publié par l'OMS en collaboration avec la fédération mondiale de médecine et biologie des ultrasons.

ISBN : 978-92-4-254461-9

- Le mode TM : temps mouvement ; qui sert à enregistrer le mouvement des structures, il est particulièrement utilisé en cardiologie.
- Le mode B : brillance (brightness) ; qui permet d'enregistrer les points échos selon leur intensité sous forme d'une gamme de nuance allant du blanc au noir.

Ce mode à balayage manuel avec une image instantanée et immobile n'est plus utilisé depuis l'arrivée du mode temps réel à balayage automatique et succession rapide des images donnant l'impression de mouvement.[22,32]



**Figure 19: Principe de mode B**

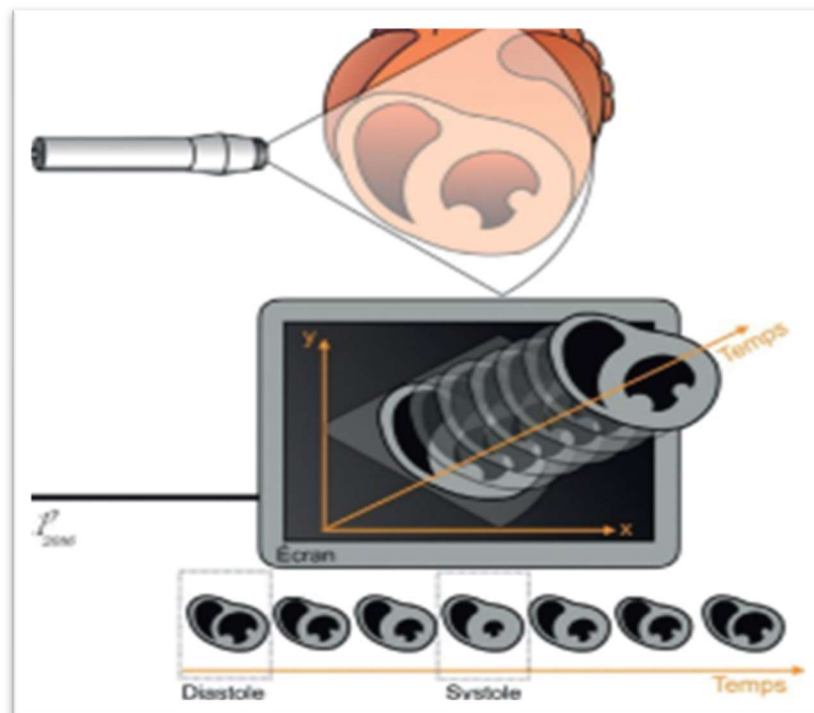
La source : livre ; Manuel d'échographie // sous la direction de P. E. S. Palmer publié par l'OMS en collaboration avec la fédération mondiale de médecine et biologie des ultrasons.

- Mode TR : temps réel :

Le mode temps réel est le mode utilisé actuellement. Il permet l'acquisition de données morphologiques et dynamiques.

Différents types de sondes permettent le mode TR :

- les sondes mécaniques (anciens) à système rotatif et à miroir oscillant;
- les sondes électroniques (actuelles) constituées d'un alignement (barrette) d'éléments piézoélectriques de petite taille (64 à 512 éléments).[22]

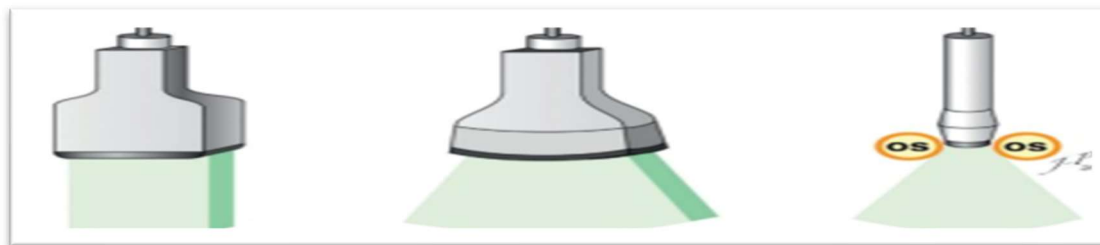


**Figure 20: Principe de mode TR**

Legmann P, Bonnin-Fayet P. Guide d'échographie. 5e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2017.

L'imagerie échographique des structures peut être obtenue grâce à plusieurs types de balayage : [22]

- Balayage sectoriel mécanique.
- Balayage sectoriel électronique par déphasage (phasedarray).
- Balayage électronique linéaire sur sonde plane permet un champ rectangulaire.
- Balayage électronique linéaire sur sonde convexe.



a. Sonde plate

b. sonde courbe

c. sonde en réseau phasé

**Figure 21: les types des sondes échographiques**

Legmann P, Bonnin-Fayet P. Guide d'échographie. 5e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2017.

○ Modes 3D et 4D :

L'échographie 3D permet l'acquisition de tout un volume, donc d'obtenir directement une visualisation des trois plans de l'espace et d'y effectuer des techniques de post-traitement. Les premières acquisitions 3D consistaient en un balayage manuel de la zone explorée avec une sonde multiéléments. Cette acquisition est aujourd'hui dépassée par des sondes plus performantes qui permettent l'acquisition du volume en temps réel (4D) ; deux technologies existent :

- les sondes 2D à balayage mécanique du volume
- les sondes matricielles où les éléments piézoélectriques sont alignés sous forme d'une matrice carrée. L'inconvénient de cette technologie c'est la cadence limitée des images (25 images/seconde).[22, 29,32]

2.3.6. Critères de qualités d'une image échographique :

2.3.6.1. Les différentes résolutions : spatiales et temporelles :

2.3.6.1.1. Résolutions spatiales (RS) :[22]

La résolution spatiale doit être évaluée dans les 3 directions de l'espace, On distingue alors :

- la résolution axiale ;
- la résolution latérale ;

- la résolution verticale (épaisseur de coupe).

### 2.3.6.1.2. Résolution axiale :

Elle correspond à la capacité de la sonde à distinguer deux structures proches le long de l'axe du faisceau US. Pour cela, il faut que les échos qui retournent vers la sonde ne soient pas superposés.

### 2.3.6.1.3. Résolution latérale :

Elle correspond à la capacité de la sonde à distinguer deux structures proches placées perpendiculairement à l'axe du faisceau US.

### 2.3.6.1.4. Résolution verticale :

L'épaisseur de coupe n'est pas la même dans toute la coupe, elle dépend principalement de la distance par rapport à la source. Plus la coupe est fine, plus il sera possible de distinguer des objets proches «empilés» verticalement, on peut alors parler de résolution verticale.

### 2.3.6.1.5. Résolution temporelle :

C'est le nombre d'images acquises par seconde.

### 2.3.6.2. L'échogénicité :[22,29,32]

C'est l'intensité d'une structure sur l'image échographique reconstruite, Il existe deux types d'échos : échos d'interface (au niveau des interfaces) et de structure (au niveau tissulaire).

Différentes zones peuvent être déterminées selon leur échogénicité :

- Une zone anéchogène : aucun écho, elle apparaît «noire» sur l'image.
- Une zone hypoéchogène : peu d'échos réfléchis, elle apparaît plus ou moins «grise».
- Une zone hyperéchogène : beaucoup d'échos réfléchis, elle apparaît Blanche ou «brillante» sur l'image.

En médecine :

Les liquides purs (urine, sang, bile, liquide libre) sont visibles en noir, anéchogène.

Les liquides impurs (vieille urine, épanchement pleural, hématome, pus) sont hypoéchogènes (gris).

Les tissus mous ont des zones d'impédance acoustique variable :

- La graisse est plus écho gène que le muscle.
- L'hématome frais est hyperéchogène, et devient hypoéchogène en se liquéfiant.

Les structures solides cristallines (calcifications, os) et les gaz sont hyperéchogènes.[32]

2.3.7. Exploration doppler :

L'effet Doppler fut décrit en 1843 par un physicien autrichien : Christian Doppler.[22]

2.3.7.1. Principe :

«Tout phénomène périodique propagé est perçu par le récepteur à une fréquence de réception différente de sa fréquence d'émission, lorsqu'il existe un déplacement relatif entre l'émetteur et le récepteur.»[22]

C'est-à-dire lorsqu'un faisceau ultrasonore émis par une sonde rencontre un organe fixe, la fréquence réfléchi par cette cible est identique à la fréquence émise ; quand la cible se déplace (flux sanguin), la fréquence réfléchi est différente de la fréquence émise.[22]

La fréquence Doppler c'est la différence entre la fréquence d'émission et la fréquence de réception. Elle dépend de la vitesse du flux sanguin, de son sens par rapport à l'axe du faisceau ultrasonore.[22]

En pratique, pour évaluer précisément la vitesse du flux sanguin, il est important d'orienter la sonde de manière à être le plus parallèle possible à l'axe du vaisseau étudié. [22]

2.3.7.2. Les différents modes Doppler :

2.3.7.2.1. Mode Doppler continu :

Émission et réception des ultrasons par deux transducteurs distincts.

L'appareil analyse en permanence les fréquences réfléchies par les globules rouges. Cela permet d'analyser la vitesse maximale du flux avec une grande précision.[22,33]

2.3.7.2.2. Mode Doppler pulsé :

Émission et réception des ultrasons par le même transducteur.

Les ultrasons sont transmis dans l'organisme sous forme de trains d'ondes, avec une bonne résolution en profondeur. [22]



### 2.3.7.2.3. Un appareil Doppler couleur :

La distribution et la direction du courant sanguin sont visualisées sous forme d'images bidimensionnelles au niveau desquelles des couleurs différentes caractérisent les vitesses.

Il permet un codage couleurs des flux sanguins qui apparaissent en rouge en s'approchant de la sonde, et ceux qui s'en éloignent apparaissent en bleu. [22,33]

### 2.3.7.2.4. Un système Duplex Doppler :

Un vaisseau sanguin est visualisé par l'imagerie en mode-B, tandis que le flux sanguin est mesuré par échographie Doppler. Cette combinaison du mode-B et d'un système Doppler permet de diriger avec plus de précision le faisceau Doppler sur un vaisseau particulier.[22]

### 2.3.7.3. Choix de la sonde :

Tout comme en échographie, la fréquence d'émission de la sonde doit être adaptée à la région explorée :

- des sondes de 2 à 3 MHz servent à l'étude de vaisseaux profonds;
- des sondes de 5 à 13 MHz sont adaptées à l'étude des vaisseaux superficiels.

### 2.3.8. Nouvelles techniques échographiques :

Depuis quelques années, on assiste à l'arrivée de nouveaux procédés échographiques tels que l'usage de produits de contraste spécifique, la mise en place de l'imagerie d'harmoniques ainsi que celle de combinaison.

#### 2.3.8.1. Les produits de contraste échographiques :

Au cours de ces dernières années, l'échographie a bénéficié de progrès multiples et rapides, L'introduction des produits de contraste ultrasonores (PCUS) est une évolution majeure.

Les agents de contraste ultrasonores modifient les propriétés physiques des tissus et donc le comportement des ondes ultrasonores qui les traversent par l'augmentation de l'intensité du faisceau ultrasonore rétrodiffusé.

La plupart des produits de contraste spécifiques à l'échographie sont constitués de «microbulles» de 3 à 5  $\mu\text{m}$  de diamètre qui permet de maximiser le phénomène de diffusion = rehaussement échogène.

#### 2.3.8.2. Imagerie d'harmonique :

L'imagerie d'harmoniques consiste à réceptionner des échos «harmoniques» afin d'augmenter le signal disponible en profondeur et d'améliorer en partie la résolution spatiale latérale.

La fréquence de réception étant le double de la fréquence d'émission, on détecte essentiellement le signal provenant des microbulles, très supérieur à celui des tissus solides dont la résonance est faible.

### 2.3.8.3. Imagerie de combinaison :

L'imagerie de combinaison ou compounding Imaging est accessible sur les sondes en réseau phasé.

Le principe de cette technique c'est les combinaisons de plusieurs images échographiques obtenues à des angles de tir différents (5 à 9).

### 2.3.8.4. Élastographie impulsionnelle ultrasonore :

L'objectif de cette technique est de caractériser des propriétés mécaniques des tissus par application de contraintes mécaniques. L'application d'une contrainte est à l'origine de deux types d'ondes qui se propagent dans le tissu :

- une onde de compression.
- une onde de cisaillement (shearwave).

La technique d'acquisition élastographique impulsionnelle passe par trois étapes :

- excitation = transmission d'une contrainte dans le tissu ;
- réception = recueil des signaux échographiques de ces tissus
- traitement = analyse informatique du degré de déformation [22]

### 2.3.9. Avantages et inconvénients :

#### 2.3.9.1. Avantages :

- L'échographie est une technique d'imagerie médicale relativement peu coûteuse, l'examen est réalisé avec une seule personne dans un but médical est quasiment sans danger.
- C'est la seule technique permettant d'avoir une image du fœtus avec une bonne innocuité, pas d'allergie ni de contre-indication à cet examen.
- Fiable et rapide.

- Transportabilité au lit du patient et donc rapidité de mise en œuvre.
- Le résultat est immédiat.
- Faible encombrement.
- Faible coût en comparaison de la TDM ou de l'IRM.
- Pas de procédé d'imagerie basé sur les rayons X.
- Résolution d'images de l'ordre du mm « une grande précision ».
- Image dynamique en temps réel facilite le diagnostic et le traitement.
- Examen de référence pour la détection et la quantification des épanchements.[34,35]

### 2.3.9.2. Inconvénients :

- L'image manque parfois de netteté, jusqu'à être parfois inexploitable : c'est le problème de l'échogénicité, faible en particulier en cas d'obésité.
- Caractère « opérateur-dépendant » donc moins reproductible.
- Résolution spatiale limitée ; la résolution d'une sonde et sa puissance varient en sens inverse, ainsi il est impossible d'étudier avec précision une structure très profonde.
- Contrairement au scanner. La sonde d'échographie ne permet d'explorer avec finesse que les structures de contact ou proches.[35]

### 2.3.10. Échographie et endodontie :

Parmi les études portant sur l'échographie endodontique, les LIPOE sont peu ou pas échogènes donc différenciables du tissu osseux. Les radiographies conventionnelles les plus couramment disponibles dans la clinique dentaire, ont été utilisées pour distinguer les kystes et les granulomes en fonction de leur apparence, mais certains inconvénients, qui ont limités son utilisation et sa fiabilité, en raison de la représentation en 2D d'un objet tridimensionnel. [36–38]

L'imagerie radiographique 3D sous forme de tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT) a été utilisée pour avoir une meilleure précision que les radiographies conventionnelles mais les études ne justifient pas son utilisation régulière en raison du dosage élevé de rayonnement.[39]

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est la méthode de diagnostic de choix pour différencier les kystes et les granulomes péri apicaux. Néanmoins, la durée plus longue du scanner, les produits de contraste qui peuvent provoquer des réactions allergiques des tissus,

l'inapplicabilité dans tous les cas (tels que les patients pédiatriques et les patients porteurs d'obturations métalliques, d'implants ou de pacemaker), la claustrophobie du portique et le coût élevé sont quelques inconvénients qui limitent l'utilisation de l'IRM dans la gestion des maladies endodontiques.[10,40]

L'échographie a été utilisée avec succès en endodontie pour visualiser les lésions péri apicales en 3D sans utiliser un film radiosensible et aussi pour distinguer les kystes et les granulomes. Il peut également fournir des informations spécifiques sur les dimensions de la lésion et son contenu (fluide ou mixte ou solide) et pour évaluer leur apport sanguin interne et externe (au Doppler couleur/puissance).[39,41]

Les transducteurs US les mieux adaptés à la dentisterie sont les sondes linéaires qui peuvent être utilisées en intra-buccale sur la muqueuse gingivale ou extra-buccale sur la peau, les fréquences utilisées oscillent entre 2 et 20 MHz. Le patient est en position clinostatique, assis ou sur un lit d'examen. La sonde est recouverte du gel échographique (Ultragele ; Medicon) et légèrement déplacée autour de la zone afin d'obtenir un nombre suffisant de scans transversaux (plan axial) et longitudinaux (plan sagittal).[10,41,42]



**Figure 22: Positionnement de la sonde d'échographie dans le secteur antérieur maxillaire ; (a) Échographie extraorale transverse, (b) Échographie extraorale longitudinale**

<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.04.039>

Cotti et al ont décrit l'image échographique des lésions péri apicales comme suit :

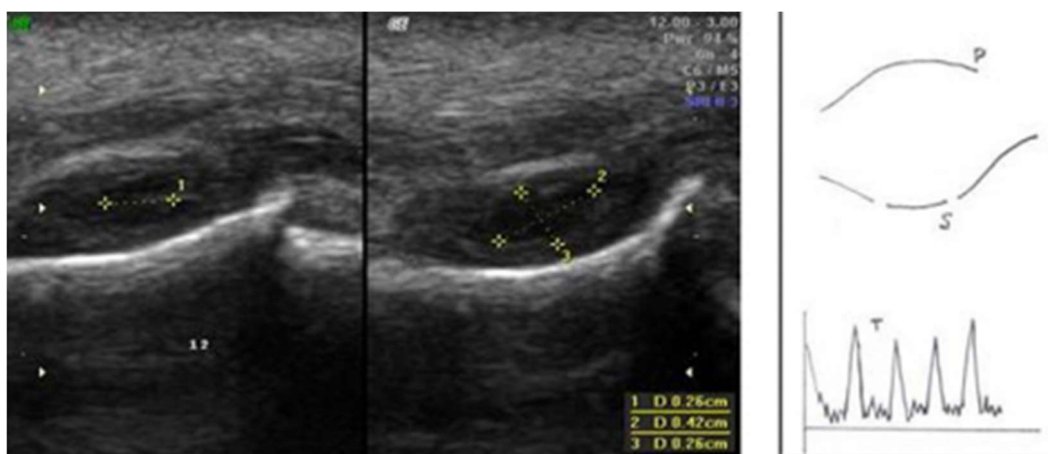
- Lésion kystique : une cavité hypoéchogène bien délimitée, entourée de parois osseuses épaissies et remplie de liquide, sans signe de vascularisation interne à l'examen Doppler couleur.

- Granulome : zone hypoéchogène mal définie, présentant une vascularisation interne à l'examen Doppler couleur.
- Lésion mixte : zone hypoéchogène prédominante avec une zone anéchogène focale, présentant une vascularisation dans certaines zones à l'examen Doppler couleur.[43]



**Figure 23: Cas d'un kyste péri apical**

Exploration et surveillance des LIPOE : apport de l'échographie (Johanna Detour)



**Figure 24: Cas d'un granulome péri apical**

Exploration et surveillance des LIPOE : apport de l'échographie (Johanna Detour)

C'est un avantage dans les cas où une infection sévère ou une grande lésion qui ne permet pas une ouverture adéquate de la bouche ou lorsque le patient n'est pas coopératif et ne peut pas suivre les instructions.

Ainsi, le placement des films radiographiques dans les régions postérieures de la bouche présente souvent un problème lorsqu'ils ne peuvent pas être placés en raison d'un fond de vestibule peu profond, qui peut être éliminé par cette méthode. [1,40]

En outre, l'utilisation de l'US comme une importante aide au diagnostic pour les chirurgiens maxillo-faciaux en pédiatrie et chez les femmes enceintes où les rayons X sont contre-indiqués.

### 3. La chirurgie endodontique :

#### 3.1. Définition :

Selon Mahmoud Torabinejad : « la chirurgie endodontique est un authentique traitement endodontique par réflexion d'un lambeau chirurgical ». [44]

Selon Stéphane Simon : « la chirurgie endo permet de compléter un geste orthograde voire dans certains cas de s'y substituer, elle permet également de gérer des situations rendues complexes par différents facteurs iatrogéniques ». [45]

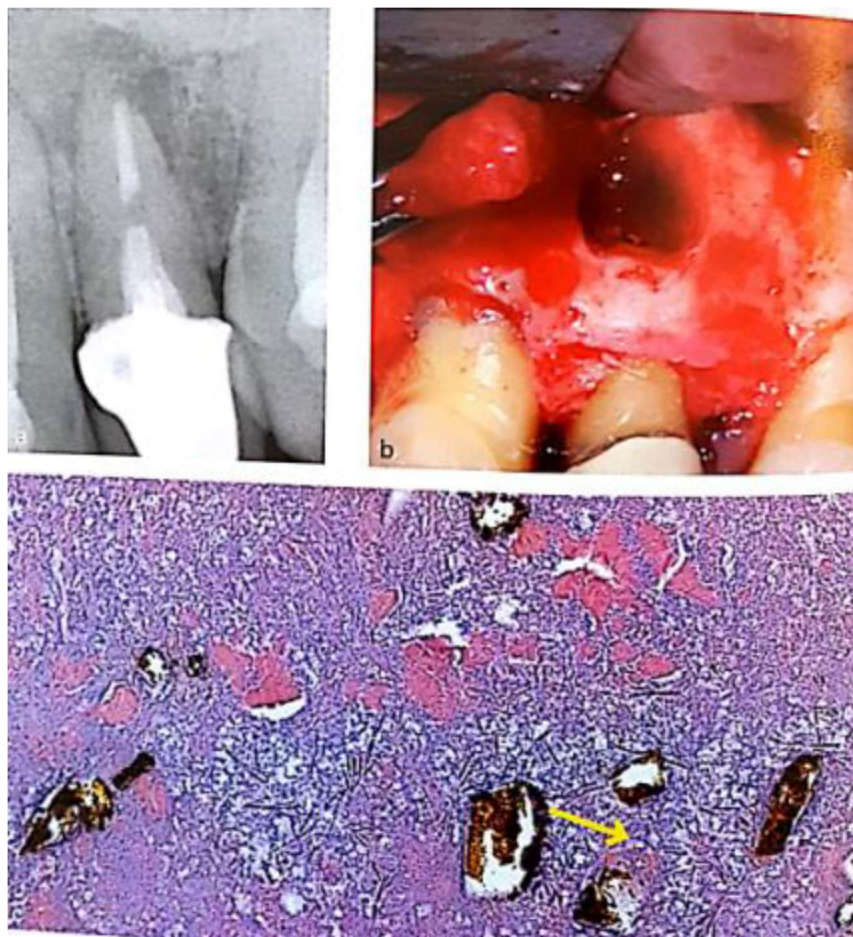
Selon Bertrand Khayat : « La chirurgie endodontique a longtemps consisté en un simple curetage de la lésion péri apicale avec ou sans résection, aboutissant à de nombreux échecs Thérapeutiques ». [46]

#### 3.2. Indications de la chirurgie endodontique :

##### 3.2.1. D'ordre pathologique :



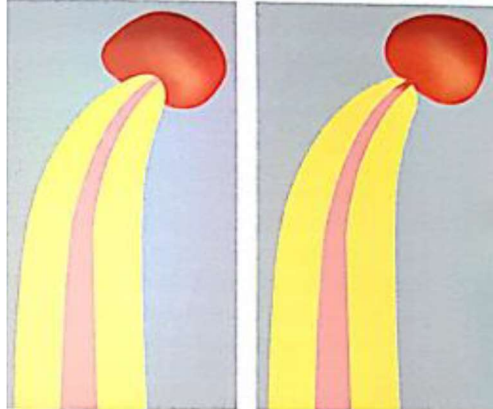
- Infection extra radiculaire [47]



**Figure 25: (a) cliché radiographique de 22 montrant une lésion péri-apicale persistante. (b) photo clinique de l'exérèse chirurgicale de la lésion. Le prélèvement est envoyé pour analyse histopathologique. (c) coupe histologique de la lésion. L'analyse histopathologique révèle une infection extra radiculaire. Des colonies bactériennes typiques d'une actinomycose.**

Khayat B, Michonneau J-C. Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale  
INFORMATION DENTAIRE. 2006

- Lésion kystique : type poche kystique ou vrai kyste.[47]



**Figure 26: à gauche, un kyste vrai. La lésion est séparée du canal par une membrane épithéliale, à droite, un kyste en forme de poche. La lésion est toujours en communication avec le canal**

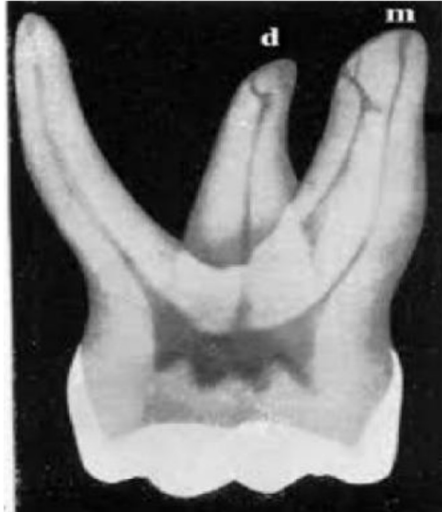
Khayat B, Michonneau J-C. Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale  
INFORMATION DENTAIRE. 2006

- Tumeurs ostéocémentome.[48]
- Présence du germe *ActinomycesIsraelii*. [48]

### 3.2.2. D'ordre anatomique :

- Ramifications apicales inaccessible :





**Figure 27: Ramification apicale inaccessible sur la première molaire supérieure.**

[http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/anato\\_dentaire2an\\_planche\\_anatomie-interne.pdf](http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/anato_dentaire2an_planche_anatomie-interne.pdf)

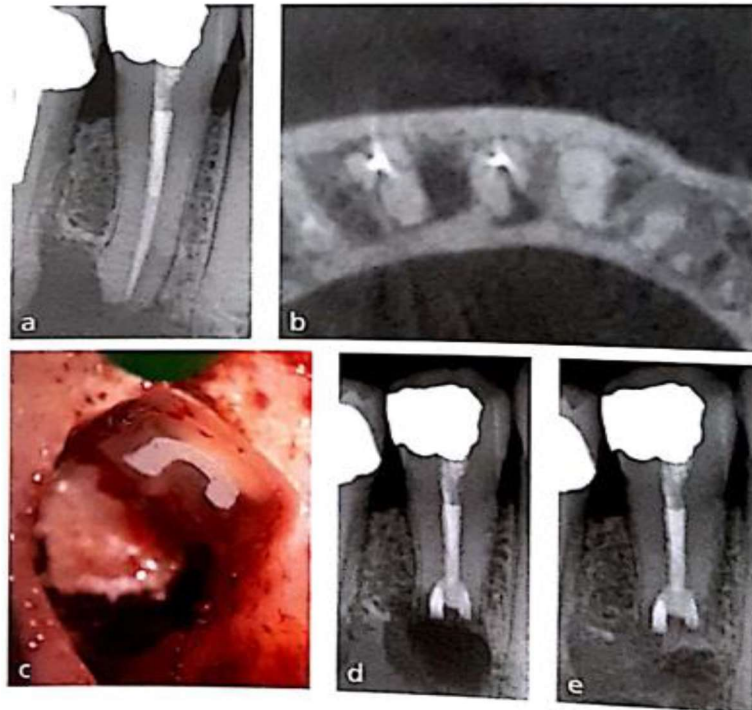
- Courbure radulaire[49]



**Figure 28: double courbure sur 15 (racine en baïonnette)**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Canaux en C.[47]



**Figure 29:** a) cliché radiographique de 44 montrant une lésion d'origine endodontique. b) coupe cône beam horizontale montrant que la configuration anatomique en C. c) vue clinique de la surface radiculaire après résection apicale et obturation à rétro du canal en C. d) cliché radiographique postopératoire. e) cliché radiographique de contrôle à 1an. . Khayat B, Michonneau J-C. Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale INFORMATION DENTAIRE. 2006

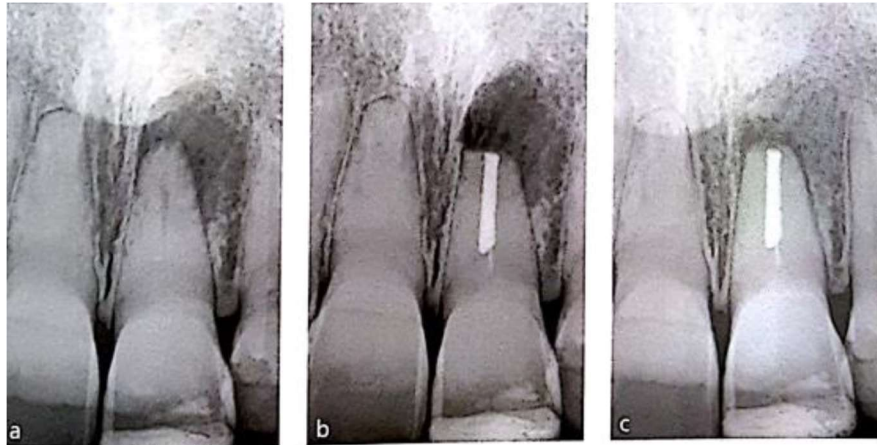
- Dens in dente :



**Figure 30:** dens in dente

[https://www.google.com/search?q=dens+in+dente&rlz=1C1XXVF\\_frDZ982DZ982&sxsrf=ALiCzsalz-m5wVZrI5EDfnTebT7\\_pGvTIg:1653746363974&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwirzsqkrYL4AhWSgs4BHR3UCIQQ\\_AUoAXoECAEQAw#imgrc=xtyUf4czZmSy9M](https://www.google.com/search?q=dens+in+dente&rlz=1C1XXVF_frDZ982DZ982&sxsrf=ALiCzsalz-m5wVZrI5EDfnTebT7_pGvTIg:1653746363974&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwirzsqkrYL4AhWSgs4BHR3UCIQQ_AUoAXoECAEQAw#imgrc=xtyUf4czZmSy9M)

- Calcification pulpaire (canaux minéralisés) : une oblitération canalaire empêchant la pénétration instrumentale



**Figure 31: : a cliché radiographique de 21 présentant une oblitération canalaire suite à un traumatisme et une lésion apicale d'origine endodontique, b cliché radiographique postopératoire. L'abord s'est fait exclusivement par voie chirurgicale. Aucune cavité d'accès ne vient diminuer la résistance mécanique de la dent, c cliché radiographique à 1 an montrant une guérison de la lésion**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

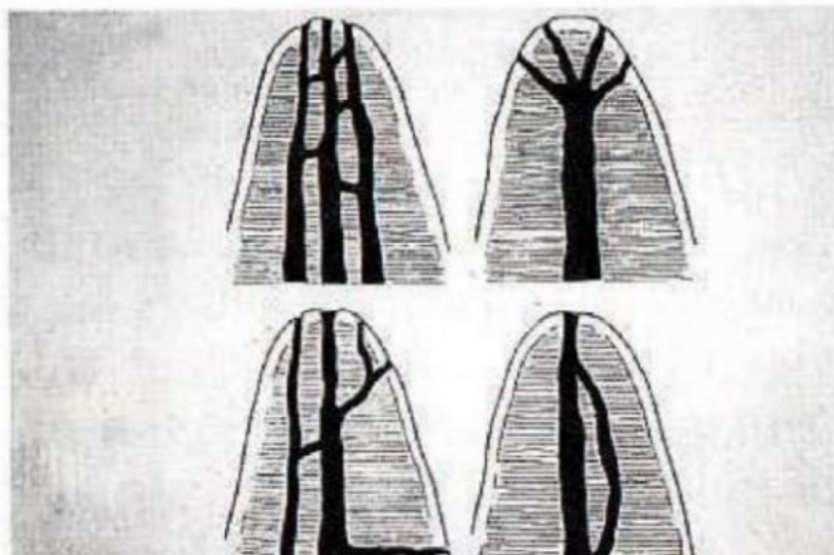
- Canal accessoire non obturé et responsable de lésions (1% des échecs selon Ingle).[49]



**Figure 32: : lésion latérale sue 11et canal accessoire objectifé après obturation**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Apex complexe, delta apicale.[49]



**Figure 33: : schémas de W. HESS montrant la complexité de système canalaire**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Cas particulier des dents immatures avec échec de thérapie d'apexification.[49]



**Figure 34: dent immature, traitement endodontique**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Cas particulier des fenestrations et déhiscences vestibulaires ou l'os n'entoure pas entièrement la racine.[47]
- Apex extra-corticale : Le rencontre de tel cas est rare, définit par la présence de l'apex en position hors de l'os, immergé dans autre structure telle que le sinus ce qu'on appel dans ce cas une dent antrale. En face de cette situation une préparation canalaire par voie orthograde est impossible donc une résection apicale De la portion radiculaire en extra-corticale est primordiale en cas de symptomatologie.

### 3.2.3. D'ordre iatrogène :

- Obturation incomplète (59% des échecs selon Ingle)[49]

Il s'agit la plupart du temps d'erreur dans la longueur de travail ou de préparation canalaire mal conduite. Les bactéries s'installent dans le vide canalaire et une lésion est induite.





**Figure 35: la préparation n'a pas pris en compte la courbure de la racine méso-vestibulaire, avec une instrumentation manuelle pré courbé ou une préparation mécanisée, cette courbure aurait pu être prise, et la mise en forme aurait été correcte :  
vide : lésion**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Débordement du matériau d'obturation (4% d'échec selon Ingle)[49]

Une sur instrumentation peut être à l'origine de ce débordement. Un excès de pâte d'obturation peut se résorber dans le temps mais s'il est important il mettra plusieurs années pour disparaître et l'irritation mécanique peut engendrer une réaction inflammatoire de défense. Un dépassement de cône de gutta ou d'argent solidarisé à la racine, va entraîner une inflammation chronique.



**Figure 36: dépassement de pâte d'obturation, la flèche indique la lésion apicale**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Perforation radiculaire (10% des échecs selon Ingle)[49]  
Cela équivaut à un vide canalaire. Est une communication iatrogène entre le système canalaire et le parodonte. Elle peut aussi être le résultat d'une résorption radiculaire.



**Figure 37: lésion apicale de 22 et dépassement de matériau perforant la racine dans le tiers apical**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

- Instruments fracturés :[47]

Est une des complications du traitement endodontique par voie orthograde, il empêche l'instrumentation et la désinfection du système canalaire. Si le fragment d'instrument se trouve au-delà d'une courbure il est souvent très difficile voire impossible de le retirer ou de passer à côté. La partie apicale du canal n'étant pas nettoyée, la chirurgie doit être envisagée.



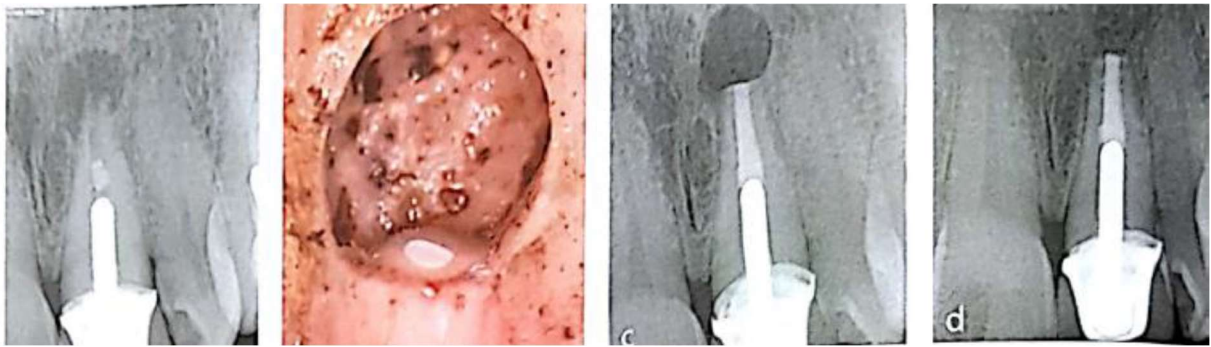
**Figure 38: a) instrument fracturé au-delà de la courbure, b) vue peropératoire de la racine réséquée et obturé, c) guérison totale de la lésion à 1 an. Toute la partie résiduelle du canal a été préparé et obturé à rétro**

Khayat B, Michonneau J-C. Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale  
INFORMATION DENTAIRE. 2006.

- La reconstitution corono-radulaire :[47]

Lorsqu'une lésion est découverte sur une dent couronnée et présentant une reconstitution corono-radulaire, deux options sont envisageables : le retraitement par voie orthograde ou la chirurgie endodontique. La décision repose sur la qualité de la restauration coronaire. Si la restauration est cliniquement acceptable et que la chirurgie endodontique n'est pas contre indiquée, alors la chirurgie peut être choisie car il existe aujourd'hui des inserts capables de préparer toute la partie canalaire résiduelle (de la partie apicale réséquée jusqu'à la partie la plus apicale du tenon).





**Figure 39: a) cliché radiographique de 21 présentant une couronne acceptable cliniquement avec une reconstitution corono-radiculaire et une lésion d'origine endodontique, b) photos clinique peropératoire de la racine réséquée et obturée de 21, c) cliché radiographique postopératoire. Il a été possible de nettoyer et obturer toute la partie résiduelle du canal jusqu'au tenon, d) cliché radiographique à 1 an montrant une guérison complète de la lésion**

Khayat B, Michonneau J-C. Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale  
INFORMATION DENTAIRE. 2006.

- Echec de traitement endodontique (signes clinique ou radiologiques persistants) ;[49]  
Les signes cliniques ou radiologiques peuvent persister malgré une obturation canalaire satisfaisante. Après traitement canalaire, il peut subsister une tuméfaction, des douleurs, une fistule, une image radio-claire résiduelle ou persistante, on effectue alors cette intervention.



**Figure 40: lésion apicale en rapport avec l'apex de 22, test au froid négatif**

CAMUS j-p. <Endodontie Chirurgicale.

### 3.3. Les contres indications de la chirurgie endodontique :

#### 3.3.1. D'ordre général :

- Absolues :

✓Les patients à risque élevé et modéré d'endocardite bactérienne

✓Les Patients avec antécédents d'infarctus de myocarde inferieure à un an ou avec troubles important dans le rythme cardiaque

✓Les leucémies aiguës ou chroniques

✓HTA maligne

✓Les troubles psychiatriques.[50,51]

- Relatives :

✓Contre-indications aux chirurgies liées aux risques infectieux chez les patients immunodéprimés :

- Patient atteint de VIH (Virus de l'Immunodéficience Humaine).
- Patient diabétique non équilibré.
- Patient sous traitement immunosuppresseur.

✓Contre-indications aux chirurgies liées aux risques hémorragiques :

- Patient sous anti vitamines K (AVK).
- Patient sous agents antiplaquettaires (AAP).
- Patient sous anticoagulants oraux direct (ACOD).
- Patient sous héparine.

✓Patients sous risques d'ostéoradionécrose.

✓Patients sous biphosphonate.

✓Une intoxication alcool-tabagique.

✓Une lésion inaccessible.[50]

#### 3.3.2. D'ordre local:

- Mauvais ou faible accès au site apical : Lorsque l'épaisseur osseuse est trop importante en particulier dans le cas des molaires mandibulaires où la corticale osseuse s'épaissie en vestibulaire.
- Proximité des structures adjacentes : La proximité des sinus, des fosses nasales, du nerf alvéolaire inférieur, du foramen mentonnier et de l'artère palatine peuvent contre-indiquer la chirurgie (Chong et Rhodes 2014).

- Impossibilité de réaliser le lambeau : dans le cas où il n'y a pas assez de gencive attachée ou de profondeur de vestibule et où les insertions musculaires sont trop importantes pour pouvoir réaliser le lambeau d'accès.
- Une faible ouverture buccale.
- Dent non conservable.
- Contre-indication due au patient et au praticien : Si le patient n'est pas coopérant, qu'il a une mauvaise hygiène bucco-dentaire ou que le praticien juge qu'il n'a pas les compétences et le plateau technique adapté pour la chirurgie, alors il vaut mieux s'abstenir et adresser le patient ou extraire la dent concernée.[50]

### 3.4. Le protocole opératoire :

#### 3.4.1. Bilan préopératoire :

Avant toute chirurgie endodontique un interrogatoire médical, un examen clinique, des examens radiographiques, ainsi qu'un bilan biologique sont demandé au patient.

##### ➤ Anamnèse et prémédication :

Il est indispensable d'effectuer l'anamnèse médicale et dentaire .l'anamnèse médicale où sont notés les antécédents médicaux familiaux et personnels ainsi que les médications passées ou en cours .les antécédents dentaires et les signes et symptômes présents sont également répertoriés .il est recommandé de créer lors de cette étape , un climat de confiance entre praticien et patient car la prise en charge du patient en chirurgie dentaire notamment en chirurgie orale nécessite une complète coopération du patient .cette dernière dépendra de la confiance accordée au praticien .dans ce contexte nous devons informer clairement et loyalement le patient sur toutes les étapes de notre intervention .

##### ➤ Examen radiologique :

Dans la pathologie apicale, l'examen radiologique trouve son indication à différentes étapes de la prise en charge. Initialement, il est préconisé dans la détection de la lésion apicale ainsi que dans la mise en évidence et la caractérisation des structures anatomiques. En second temps dans la planification de la thérapeutique et à la fin dans le contrôle et le suivi.

Effectivement, la lésion apicale d'origine endodontique peut être découverte fortuitement au cours d'un examen radiologique car l'évolution pouvant se faire à bas bruit ou pouvant être associée à un contexte clinique tel que tuméfaction ou douleur.[52]

#### A/ La radiographie bidimensionnelle :

- Le panoramique dentaire :

Cet examen est efficace pour réaliser des bilans dentaires et plans de traitement, en ayant l'avantage d'être peu irradiant (3 à 10 $\mu$ s) et en privilégiant le « global » sans occulter le « particulier ».

- Les clichés rétro-alvéolaires (RA) :

Elle est efficace pour le diagnostic des lésions de petites tailles, à proximité des racines dentaires, et offre dans ce cas plus de précision que le panoramique dentaire.

Les clichés rétro-alvéolaires apportent les informations indispensables sur l'anatomie dentaire (canales et radiculaires) et osseuse (alvéolaire).[53]

- Le mordue occlusale :

Une vision dans un autre plan de l'espace souvent perpendiculaire à celui du panoramique dentaire sur un secteur plus limité. Son intérêt en microchirurgie endodontique est d'avoir un cliché de deuxième intention, pour une vision complémentaire : de la morphologie d'une dent, d'un traumatisme dentaire (du secteur incisive-canin) et des rapports d'une lésion osseuse.[54]

B/ La radiographie tridimensionnelle :

- Le cône beam en endodontie :

En comparant avec le scanner le CBCT a une résolution spatiale et une fiabilité qui semblent comparables et quelques fois supérieures à celles du scanner pour explorer des structures minéralisées telles que l'os ou les dents et pour permettre d'identifier des fractures, kystes ou lésions osseuses, corps étrangers, à l'intérieur de son champ de vue. il génère beaucoup moins d'artéfacts métalliques.

Enfin la dose délivrée est inférieure à celle du scanner, Ceci tient principalement au fait de pouvoir cibler et limiter le volume d'exploration en fonction de l'indication.[53]

- L'examen biologique :

A/ Hémogramme :

L'hémogramme est une étude quantitative des éléments figurés du sang. En pratique courante, il comporte une numération globulaire, une formule sanguine (nombre des différents types de globules blancs) et une numération des plaquettes.

B/ Bilan d'hémostase :

Les tests explorant l'hémostase primaire :

- Le temps de saignement (TS) : Il mesure la durée du saignement provoquée par une incision superficielle [soit au lobe de l'oreille (Duke), soit à l'avant-bras (Ivy)]. Les valeurs normales dépendent de la technique utilisée [2 à 4 minutes (Duke), 3 à 5 minutes (Ivy « trois points »), 4 à 8 minutes (Ivy « incision »)]. Le risque hémorragique existe à partir de 10 minutes.

Les tests explorant la coagulation et la fibrinoformation :

- Le temps de Quick (TQ) ou taux de prothrombine (TP) :  
Ce temps évalue la voie extrinsèque de la coagulation. Il requiert des concentrations normales de cinq facteurs : VII, X, V, II et I. Le TQ est normalement compris entre 12 et 14 s, selon les réactifs utilisés. Il peut être exprimé en pourcentage par rapport à un témoin, auquel est attribué un taux de 100 %. Le TP est normalement supérieur à 70 %. En cas d'anomalie, le temps s'allonge et le pourcentage diminue. Un TP inférieur à 40 % comporte un risque hémorragique.
- L'INR (International Normalized Ratio) :  
Il évalue également la voie extrinsèque de la coagulation chez les patients sous traitement par anti vitamine K. Il est calculé à partir du temps de Quick (TQ).
  - $INR = (TQ \text{ malade} / TQ \text{ témoin}) \times \text{Indice de sensibilité internationale (ISI)}$ . Cet examen donne une interprétation plus facile et plus fiable que le TQ.
  - Une INR = 1 est l'équivalent d'un TQ à 100 %.
  - Une INR > 2 (TP < 40 %) implique un risque hémorragique.
- Le temps de céphaline avec activateur ou activé (TCA) :  
Ce temps évalue la voie intrinsèque de la coagulation. Ce test explore tous les facteurs de la coagulation, sauf le facteur VII. Le TCA est normal quand il est inférieur à 1,2. Il indique un risque hémorragique lorsque l'écart est plus de 10 s par rapport au témoin.
- Le temps de thrombine (TT) :  
Il évalue l'ensemble de la fibrinoformation. Il mesure le temps de formation du caillot à partir du fibrinogène. Il est anormal quand il dépasse 20 s.

Autres tests d'intérêt clinique :

- Glycémie : La glycémie à jeun est le dosage du taux de glucose dans le sang (valeur ponctuelle). Normalement, elle est comprise entre 3,9 et 5,4 mmol/L (0,70 et 0,95 g/L) chez l'adulte. Le diabète est défini par un niveau de glucose plasmatique à jeun  $\geq 7$  mmol/L (1,26 g/L), vérifié à deux reprises.
- Hémoglobine glyquée (HbA1c) : C'est une fraction de l'hémoglobine qui stocke le glucose lorsque la glycémie s'élève et dont le taux est fonction des chiffres glycémiques des 2 à 3 mois précédents (la durée de vie des hématies est de 3 mois). Cette mesure permet donc d'évaluer l'équilibre du diabète sur les 2 ou 3 derniers mois. Une HbA1c > 7 % indique un déséquilibre, léger entre 7-8 %, moyen entre 8-9 %, et sévère lorsque l'HbA1c est > 9 %.

Autres tests de sérologie : (Test ELISA / Sérologie hépatite B/ Sérologie hépatite C/ MNI test).[55]

### 3.4.2. Préparation du patient :

La chirurgie Endodontique doit se pratiquer dans des conditions d'hygiène et d'asepsie équivalentes à celles d'une chirurgie parodontale ou implantaire. Le patient doit au préalable avoir été parfaitement préparé à cette intervention. Le jour de l'intervention, le patient doit être calme et si nécessaire prémédiqué (Atarax 100 mg, 1CP 1h avant l'intervention). Le patient effectue alors un bain de bouche à la Chlorhexidine.

Une fois installé, le patient est recouvert de champs stériles et son visage est passé à la Bétadine 10% à l'aide de compresses stériles prises à la pince. Toutes les surfaces du microscope, qui seront utilisées par l'opérateur, doivent être recouvertes de champs stériles. Les aspirations doivent être gainées (2 fois si présence de double aspiration à la mandibule), ainsi que les connexions des turbines et des ultrasons.

#### ○ Soins préopératoires :

✓AINS : La combinaison préopératoire de l'administration d'un AINS et l'utilisation d'un agent anesthésique local à action prolongée peut être particulièrement utile pour réduire les douleurs postopératoires. L'efficacité analgésique de l'ibuprofène tend à se stabiliser à environ 400 mg, bien qu'une légère augmentation du potentiel analgésique puisse être attendue à des doses allant jusqu'à 800 mg.

✓ANTIBIOTIQUE : L'administration d'antibiotique orale dans la chirurgie endodontique est controversée, et les meilleures preuves disponibles ne soutiennent pas leur utilisation systématique. L'incidence de l'infection après la chirurgie chez les patients en bonne santé est très faible. L'utilisation systématique d'antibiotiques prophylactiques pour la chirurgie péri radiculaire n'est actuellement pas recommandée, le jugement clinique est important pour déterminer les exceptions à la règle générale. Par exemple, les patients immunodéprimés peuvent être de bons candidats pour la couverture antibiotique prophylactique.

✓CHLORHEXIDINE : Le gluconate de Chlorhexidine (0,12%) est souvent recommandé comme un bain de bouche pour réduire le nombre de microorganismes de surface dans le domaine chirurgical, et son utilisation peut être poursuivie pendant le stade de cicatrisation postopératoire.

✓SEDATION : Sédation consciente, soit par un sédatif administré par voie orale ou par analgésie par inhalation d'oxyde nitreux / oxygène, peut être utile pour les patients qui sont anxieux au sujet de la procédure chirurgicale ou un traitement dentaire en général. Un typique

protocole est une dose unique au coucher le soir avant la procédure et une deuxième dose 1 heure avant le début de la chirurgie.[54]

### 3.4.3. Anesthésie :

Il est impératif que l'anesthésie soit profonde, prolongée. Avec sa capacité à produire une anesthésie profonde et prolongée et son faible potentiel de réactions allergiques, La lidocaïne avec adrénaline est l'anesthésie locale de choix pour obtenir une anesthésie profonde et une hémostase optimale pour les chirurgies péri radiculaires. La lidocaïne à 2% avec de l'adrénaline 1 :100 000 ou 1 :200 000 est indiquée. Les agents anesthésiques locaux de type amide doivent être administrés avec prudence chez les patients présentant un dysfonctionnement hépatique et rénal. Si l'agent anesthésique amide est une contre-indication absolue, alors les agents esters tels que la procaïne et la propoxycaine sont le seul choix possible.[21]

### 3.4.4. Hémostase pré chirurgicale:

Une hémostase efficace est d'une importance critique pendant microchirurgie endodontique car un saignement non contrôlé dans le site chirurgical masque les repères anatomiques qui guident le chirurgien.

Normalement, une anesthésie profonde de 2% de lidocaïne avec un agent contenant 1 :50 000 parts d'épinéphrine est suffisante pour obtenir un champ exempt de sang. Des injections buccales et linguales ou palatines sont nécessaires pour obtenir une anesthésie profonde et une hémostase efficace.

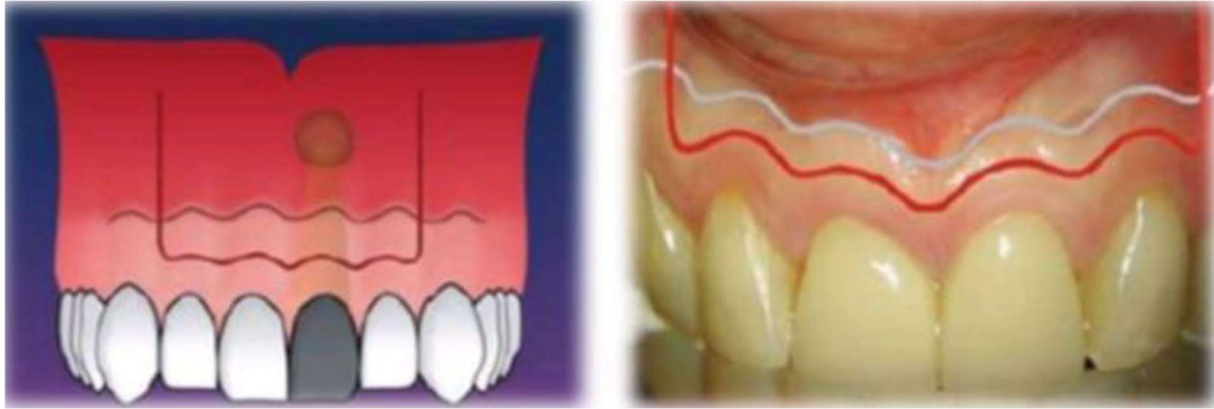
L'hémostase est cliniquement indiquée par le blanchiment des tissus mous.[56]

### 3.4.5. Les incisions et décollement de lambeau :

#### A. Le lambeau submarginal rectangulaire :

Il est généralement indiqué lorsque des préoccupations esthétiques jouent un rôle primordial, C'est le lambeau le plus fréquemment utilisé en chirurgie endodontique des dents antérieures soutenues par une couronne. Le lambeau rectangulaire est formé par une incision horizontale au niveau de la gencive attachée avec deux incisions verticales de dégagement.[57,58]



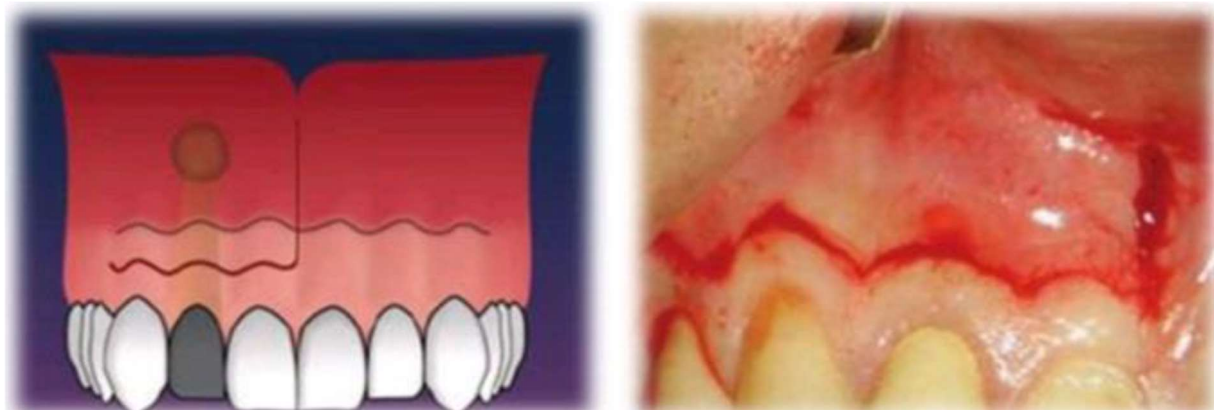


**Figure 41: Lambeau rectangulaire sub marginal**

Microsurgery in Endodontic, Kim S, Kratchman 2018.

### B. Le lambeau submarginal triangulaire :

Il est indiqué pour le traitement des dents antérieures couronnées avec racines courtes. Un lambeau triangulaire est utilisé lorsque la région apicale de la dent traitée peut être facilement atteinte en incisant avec une seule incision verticale.[57,58]



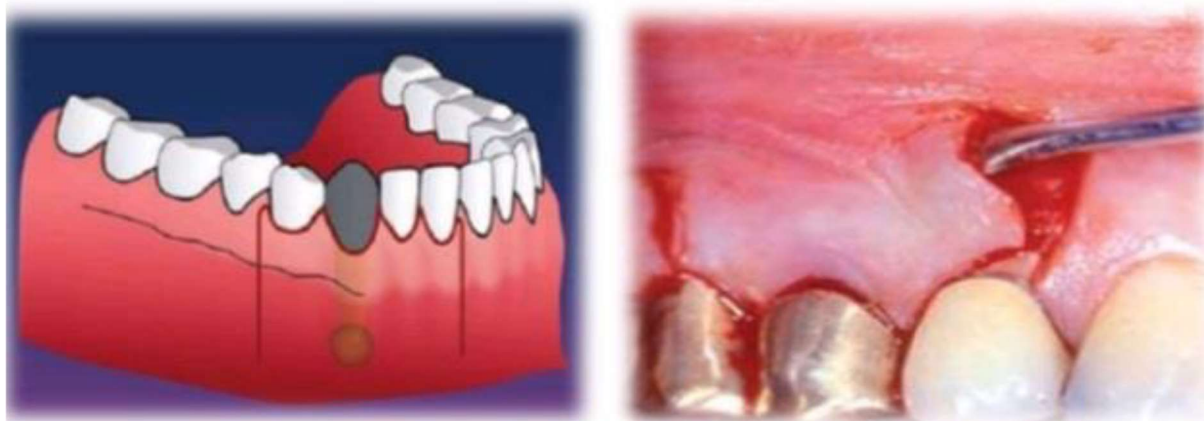
**Figure 42: Lambeau triangulaire sub marginal**

Microsurgery in Endodontic, Kim S, Kratchman 2018.

### C. Le lambeau sulculaire rectangulaire :

Il est réalisé par une incision intra-sulculaire horizontale et par deux incisions de décharge verticales situées à une ou deux dent(s) de la dent concernée. Ce type de lambeau est particulièrement indiqué pour des lésions de grandes étendues, des longues racines (p.ex. canines maxillaires) et pour le traitement des dents antérieures mandibulaires.[59]





**Figure 43: Lambeau sulculaire rectangulaire**

Microsurgery in Endodontic, Kim S, Kratchman 2018 and Current therapy in Endodontic 2016.

### D. Le lambeau sulculaire triangulaire :

Formé par une incision horizontale intra-sulculaire et une décharge verticale située généralement à une ou deux dent(s) en mésiale du site opératoire. Il est possible de faire une légère incision dans la gencive attachée en distal pour libérer un peu le lambeau et permettre une meilleure vision.[60]

Il est très souvent indiqué lorsque les dents ne sont pas recouvertes par des couronnes et est généralement utilisé dans la région postérieure. Lors du traitement des molaires mandibulaires et des prémolaires, l'incision verticale doit être placée une ou plusieurs dents mésiales par rapport au foramen mental et selon la longueur et la direction des racines et des vaisseaux sanguins périostés.[57,58]



**Figure 44: Lambeau sulculaire triangulaire**

Microsurgery in Endodontics, Kim S, Kratchman 2018.

### E. Papilla-base-incision (PBI) :

Ce lambeau est constitué de deux incisions verticales de décollement, reliées par l'incision de la base papillaire et la section intrasulculaire de la région cervicale de la dent, et a été conçu pour empêcher la récession de la papille.

Bien que le lambeau de la base de la papille donne des résultats prévisibles en matière de guérison, cette technique nécessite un chirurgien qualifié. La manipulation atraumatique des tissus mous est de la plus haute importance afin d'obtenir une cicatrisation rapide par intention primaire.[57]

Il est essentiel de bien prendre en charge les papilles lorsqu'elles sont incluses dans l'incision. Dans le cas d'un lambeau sulculaire, l'incision verticale doit rejoindre l'incision horizontale latérale à la papille à un angle de 90 degrés.[58]



**Figure 45: (a) L'angulation de 90° entre l'incision intrasulculaire et l'incision de la base de papille (b) Lambeau papilla base incision (PBI)**

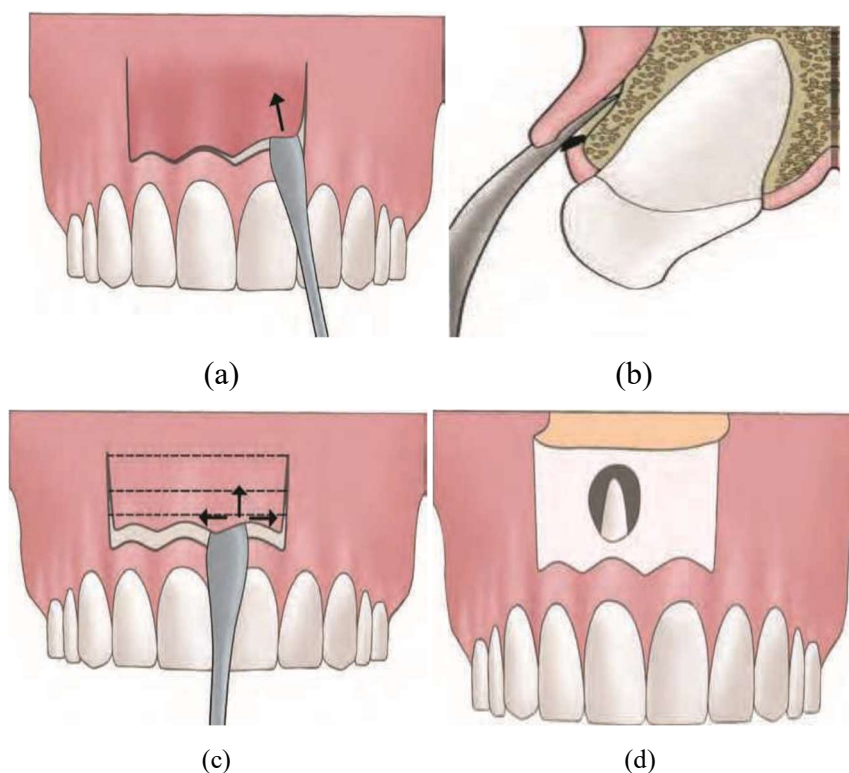
Textbook of endodontology 2018.

#### 3.4.5.1. Dessin et conception des lambeaux :

Sur la base de plusieurs études, il existe plusieurs conceptions de lambeaux proposés par les endodontistes. Cependant, tous les modèles de lambeaux ont des avantages et des inconvénients et aucune conception de lambeau unique n'est adaptée à tous les cas chirurgicaux. Pour obtenir un bon accès chirurgical, il faut choisir un modèle de lambeau approprié en fonction de plusieurs facteurs. Chaque cas endo chirurgical peut nécessiter un lambeau spécifique en fonction de la taille, du site et de la proximité des structures anatomiques.[10]

### 3.4.5.2. Elévation des lambeaux :

Bien qu'il existe plusieurs types d'élévateurs, la curette Molt n° 2-4 convient à la fois pour l'élévation et le curetage avec un minimum de traumatisme. Il faut utiliser doucement l'élévateur contre l'os en prenant soin de ne pas déchirer le lambeau. Il est nécessaire de réfléchir le lambeau avec le périoste pour minimiser le saignement pendant la procédure chirurgicale.[61]



**Figure 46: (a et b) Levée d'un lambeau de Luebke-Ochsenbein : le bord de l'élévateur, dont la surface concave est tournée vers l'os, sépare le périoste de l'os de façon apicale et latérale jusqu'à exposer l'os au-dessus de la lésion. (c) L'élévateur périostique doit pouvoir être déplacé latéralement et apicalement sans perdre le contact avec l'os. (d) L'étendue du lambeau doit être suffisante pour exposer l'os au-dessus, au-dessous et autour de la lésion**

GROSSMAN'S ENDODONTIC PRACTICE 14TH EDITIONV. Gopikrishna, BDS, MDS, PhD, page 436.

### 3.4.5.3. Rétraction du lambeau :

La rétraction du lambeau est nécessaire pour une bonne visibilité et un bon accès à la zone chirurgicale. Plusieurs types d'écarteurs sont disponibles et sont conçus pour avoir des extrémités de travail plus larges et plus fines que les écarteurs standard.[61]

### 3.4.6. Ostéotomie :

Par définition, l'ostéotomie est l'ablation de l'os cortical et spongieux recouvrant la ou les extrémités de la racine au site de la chirurgie.

Les examens radiographiques complets sont des éléments essentiels de tous les aspects du traitement canalaire, L'utilisation du CBCT permet de planifier une ostéotomie optimale.

L'os étant un tissu vital, il doit être retiré avec douceur et efficacité en générant un minimum de chaleur. La génération de chaleur pendant l'ostéotomie est affectée par la taille et la vitesse de coupe, la quantité de pénétration, la pression exercée pendant la coupe et l'irrigation ; et l'aspiration des débris générés.[10]

#### 3.4.6.1. Procédure d'ostéotomie :

Dans de nombreuses situations, la présence d'une lésion péri radiculaire crée une ouverture anormale de l'os cortical visible après la réflexion du lambeau ou bien identifiable au sondage à la sonde appliquée sur l'os. Si l'ouverture est petite, utiliser une fraise boule neuve pour éliminer l'os jusqu'au moment où l'apex sera localisé. Si la destruction de l'os cortical est limitée, placer un objet radio-opaque à proximité de l'apex et prendre un cliché radiographique pour confirmer sa localisation.[10]

Éliminer l'os au moyen d'une fraise à os Lindemann H 161 monte sur pièce à main Impact Air 45 à basse vitesse avec un mouvement de brossage léger accompagné d'une irrigation abondante de solution saline stérile.[58]



**Figure 47: Une pièce à main chirurgicale de 45 degrés (Brasseler, USA)**

Il est possible de réaliser une découpe osseuse de grande précision et de manière quasi atraumatique en comparaison des autres instruments à notre disposition autre que la pièce à main ou la turbine y on a la piézochirurgie en utilisant les inserts ultrasoniques sinon le laser est celui le plus utilisé dans la chirurgie endodontique moderne.

### 3.4.7. Curetage péri apical :

L'objectif du curetage péri apical est d'éliminer les tissus mous pathologiques qui entourent l'apex. Cette procédure permet un accès et une visibilité optimaux au site chirurgical. L'ablation d'une lésion péri apicale permet de réduire le saignement. Les tissus mous doivent être soigneusement retirés à l'aide d'une curette adaptée, L'injection d'un anesthésique local facilite le retrait de la lésion et réduit la douleur et générées pendant le curetage. La cavité doit être ensuite examinée pour s'assurer que la crypte osseuse est propre et qu'il n'y a pas de trace de tissu pathologique. Les instruments appropriés pour enlever les tissus mous comprennent les curettes osseuses Lucas, les curettes parodontales Columbia 11/12 et les curettes parodontales 13/14. Un échantillon de tissu mou doit être soumis pour la biopsie.[10]

### 3.4.8. Résection radiculaire :

L'objectif de la résection radiculaire est d'éliminer les variations anatomiques, de corriger les erreurs de l'opérateur, d'évaluer et de créer une étanchéité apicale et de réduire la fenestration des apex radiculaires. Il n'y a pas de consensus concernant la quantité de résection radiculaire pendant la chirurgie péri apicale. Gilheany et al suggèrent de retirer d'au moins les 2 mm apicaux d'une racine afin de minimiser les fuites bactériennes. Kim et Kratchman ont suggéré que au moins 3 mm de l'extrémité de la racine doivent être réséqués pour inclure 98 % des ramifications apicales et 93 % des canaux latéraux. Il n'est pas recommandé d'enlever plus de 3 mm de l'extrémité de la racine, préservant ainsi 7 à 9 mm de la racine pour la résistance et la stabilité des dents.[10]

Pour réaliser cette opération de manière efficace, une fraise de Lindemann doit être utilisée avec une pièce à main à angle de 45 degrés (TwinPower Turbine 45 (Morita, Japon), N45S (Brasseler, USA) ou une pièce à main à angle similaire, en utilisant un jet d'eau copieux.

Des appareils à ultrasons sont également utilisés pour la résection apicale et ils ont donné des résultats cliniques nettement meilleurs que les fraises chirurgicales traditionnelles.[58]

L'un des principaux avantages de la microchirurgie est la minimisation de l'angle de biseau nécessaire pour la visualisation. Dans la technique traditionnelle, un biseau de 45° à 60° était

nécessaire avec les grands instruments chirurgicaux. Cependant, avec la technique microchirurgicale moderne, Kim et Kratchman recommandent de ne pas ou peu biseauter la racine lors de la résection radiculaire. Selon Kim et Kratchman c'est l'une des étapes les plus importantes de la microchirurgie et critique pour le succès du traitement.

L'observation de la forme et du contour de la racine ainsi que l'identification des isthmes sous le microscope avec du bleu de méthylène peut aider à éviter toute fissure et les canaux non traités.[10]

### 3.4.9. Hémostase chirurgicale :

L'hémostase est essentielle pour favoriser la visualisation, le curetage complet de la lésion et le scellement efficace de l'extrémité radiculaire réséquée, plusieurs méthodes et produits sont disponibles. L'hémostase est obtenue principalement par l'épinéphrine présente dans l'anesthésique local.

Des agents hémostatiques sont destinés à contrôler les saignements provenant de petits vaisseaux sanguins. Ils favorisent la coagulation en induisant le développement rapide d'un caillot sanguin.[10]

Les types d'agents hémostatiques utilisés en chirurgie péri radiculaire sont :[21]

- Solution de sulfate ferrique.
- Boulettes de coton imbibées d'épinéphrine.
- Cireosseuse.
- Gelfoam.
- Surgicel.
- Thrombine.
- Sulfate de calcium.
- Produits à base de collagène.
- HemCon.

### 3.4.10. Préparation rétrograde:

Elle vise à nettoyer les parties du système canalaire qui n'ont pas été touchées par le Traitement canalaire conventionnel. Cela peut inclure des canaux non négociés et les situations où la qualité de l'obturation radiculaire existante est insatisfaisante, soit en raison de l'insuffisance de l'obturation pour combler tous les espaces entre le matériau d'obturation et la paroi du canal radiculaire ou à des anastomoses entre les canaux. Même les isthmes fins entre les canaux doivent être instrumentés pendant la préparation de l'extrémité de la racine.[62]



Pendant de nombreuses années, la meilleure option disponible pour la préparation de l'extrémité de la racine était une petite fraise ronde montée sur un contre angle à tête miniature.[63]

Aujourd'hui, il est recommandé de préparer l'extrémité radiculaire à l'aide d'embouts ultrasoniques tels que les embouts KiS utilisés en conjonction avec unités ultrasoniques. Les rétro-pointes ultrasoniques ont une efficacité de coupe accrue, laissant la surface de la dentine lisse, mais microscopiquement rugueuse, ce qui permet une meilleure adaptation des matériaux d'obturation, moins de micro fractures et une meilleure étanchéité.

Ces rétro-pointes sont soit en acier inoxydable, diamantées ou en nitrure de zirconium.[21]



**Figure 48: Embouts ultrasoniques KiS**

Gopikrishna V. - Grossman's Endodontic Practice-Wolters Kluwer India Pvt Ltd (2020).

La plupart des embouts ultrasoniques ont un diamètre de 0,25 mm et d'environ 3 mm de longueur. Il est recommandé d'utiliser les embouts diamantés en dernier lieu pour la préparation de l'extrémité de la racine, afin d'éviter les risques d'infection.[20]

3.4.11. Obturation rétrograde:

L'objectif principal de la mise en place d'un matériau d'obturation de l'extrémité radiculaire est de fournir un joint apical adéquat qui empêche le hiatus pour les agents irritants qui pourraient rester dans le canal radiculaire après la résection et la préparation de l'extrémité de la racine, ce qui peut provoquer un échec chirurgical.[58]

### 3.4.11.1. Critères de choix :

Outre la capacité de scellement d'étanchéité, d'autres propriétés essentielles pour une obturation idéal sont les suivantes :[10,58]

- Bien toléré par les tissus péri apicaux (biocompatible)
- Bactéricide ou bactériostatique
- Stabilité dimensionnelle
- Facile à manipuler
- Ne colore pas les dents ou les tissus
- Non corrosif
- Non toxique
- Non cancérigène
- Résistant à la dissolution (insoluble dans les fluides tissulaires)
- Adhère à la structure de la dent
- Non affecté par l'humidité pendant la prise
- Dentino-ostéo-cémentogène (bio inductif)
- Radio opaque

### 3.4.11.2. Les matériaux d'obturations :

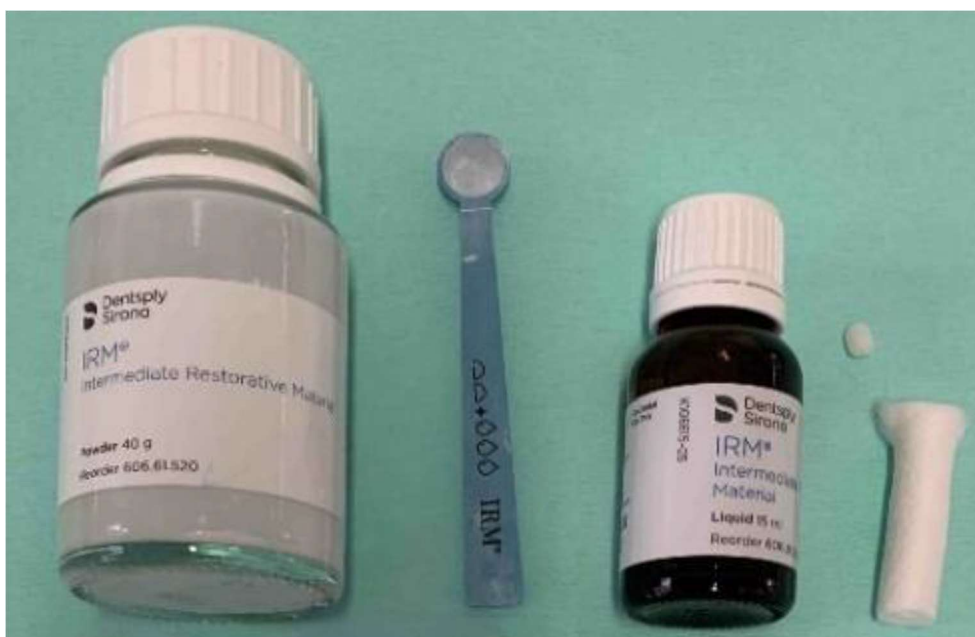
De nombreux matériaux ont été introduits comme matériaux d'obturation radiculaire ;

- L'amalgame : Historiquement, l'amalgame a été proposé pour la première fois pour les obturations rétroactives par Farrar et a fait l'objet d'un rapport dans Dental Cosmos en 1884. L'amalgame a été critiqué pour son manque de biocompatibilité, sa corrosion, son risque de formation de fissures dans l'apex radiculaire, des tatouages des tissus mous par des sels d'argent, et ses performances médiocres en termes de résultats,[62] d'autre produits ont été utilisés pour l'obturation à rétro :[21]
- Ciment verre ionomère
- Diaket
- Résines composites et résines ionomères hybrides
- Matériau de restauration intermédiaire (IRM)
- SuperEBA



- MTA
- Biocéramique
- Biodentine
- Oxyde de zinc/eugénol modifié :

Les ciments à base d'oxyde de zinc et d'eugénol (ZOE) étaient recommandés pendant plusieurs décennies comme matériaux d'obturation rétrograde. Les deux matériaux les plus couramment utilisés sont les matériaux de restaurations intermédiaires (IRM), un ciment ZOE renforcé par l'ajout de poly méthacrylate à la poudre, et le super éthoxybenzoïque (SuperEBA), modifié par la substitution partielle de l'eugénol. Les deux matériaux ont montré un résultat significativement meilleur que ceux de l'amalgame et se sont révélés histologiquement plus biocompatibles que le ZOE non modifié, bien qu'il y ait encore la présence de quelques cellules inflammatoires sur la surface de la racine. L'IRM et le SuperEBA présentent tous deux une faible solubilité, une bonne action antibactérienne et une meilleure étanchéité.[62]



**Figure 49: matériaux de restaurations intermédiaires IRM**

[https://www.google.com/search?q=mat%C3%A9riaux+de+restaurations+interm%C3%A9diaires+IRM&rlz=1C1XXVF\\_frDZ982DZ982&sxsrf=ALiCzsYZ\\_vdgLZfqZOyMGOK2uhId9t7gHg:1653765204727&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKewjg7Ma884L4AhXa8LsIHfc7BacQ\\_AUoAXoECAEQAw&cshid=1653765230755463&biw=1025&bih=598&dpr=1](https://www.google.com/search?q=mat%C3%A9riaux+de+restaurations+interm%C3%A9diaires+IRM&rlz=1C1XXVF_frDZ982DZ982&sxsrf=ALiCzsYZ_vdgLZfqZOyMGOK2uhId9t7gHg:1653765204727&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKewjg7Ma884L4AhXa8LsIHfc7BacQ_AUoAXoECAEQAw&cshid=1653765230755463&biw=1025&bih=598&dpr=1)



**Figure 50: le SuperEBA**

[https://www.google.com/search?q=super+eba&rlz=1C1XXVF\\_frDZ982DZ982&oq=sper+eba&aqs=chrome.1.69i57j0i13j0i13i30l3j0i10i13i30j0i13i30l3j0i13i15i30.14277j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=super+eba&rlz=1C1XXVF_frDZ982DZ982&oq=sper+eba&aqs=chrome.1.69i57j0i13j0i13i30l3j0i10i13i30j0i13i30l3j0i13i15i30.14277j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

- L'agrégat de trioxyde minéral (MTA)

En 1993, l'agrégat de trioxyde minéral (MTA) a été développé. Comme nouveau matériau d'obturation radiculaire par Torabinejad et al à l'Université de Loma Linda, Californie, États-Unis. Principaux ingrédients du MTA sont le silicate tricalcique, l'aluminate tricalcique, l'oxyde tricalcique et l'oxyde de silicate. MTA a fait l'objet d'évaluations approfondies en ce qui concerne l'étanchéité (pénétration de colorants, filtration des fluides et fuite bactérienne), l'adaptation marginale (SEM) et la biocompatibilité. La capacité d'étanchéité du MTA s'est avérée supérieure à celle du Super-EBA et n'a pas été affectée par la contamination sanguine.[18]il vendu sous le nom de "ProRoot MTA" une nouvelle formule a été introduite pour des raisons esthétiques ("White MTA"). Le White MTA se distingue principalement du grayMTAoriginal par l'absence de fer. Les principaux inconvénients du MTA sont les difficultés de manipulation, un long temps de prise, coût élevé, et une possible décoloration de la structure dentaire restante. Le mélange MTA étant une pâte semblable à du sable, le MTA est difficile à placer dans les cavités radiculaires préparées. En plus, le MTA fraîchement mélangé peut être rincé s'il est exposé à des liquides en raison de son long temps de prise qui a un effet néfaste sur son étanchéité. L'ajout de solution de chlorure de calcium diminue le temps de prise, mais diminue également la résistance ultime à la compression.[58]



**Figure 51: ProRoot MTA**

[https://www.google.com/search?q=ProRoot+MTA&tbm=isch&ved=2ahUKEwiT2eab9YL4AhUBdRoKHe80AlMQ2cCegQIABAA&oq=ProRoot+MTA&gs\\_lcp=CgNpbWcQDDIFCAAQgAQyBAGAEb4yBAGAEb6BAGjECc6BwgjEOoCECdQ6AVYsSlgpUdoAXAAeASAAa8BiAGRCZIBAzAuN5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&scient=img&ei=KHASYpOIN4Hqae\\_piJgF&bih=598&biw=1026&rlz=1C1XXVF\\_frDZ982DZ982](https://www.google.com/search?q=ProRoot+MTA&tbm=isch&ved=2ahUKEwiT2eab9YL4AhUBdRoKHe80AlMQ2cCegQIABAA&oq=ProRoot+MTA&gs_lcp=CgNpbWcQDDIFCAAQgAQyBAGAEb4yBAGAEb6BAGjECc6BwgjEOoCECdQ6AVYsSlgpUdoAXAAeASAAa8BiAGRCZIBAzAuN5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&scient=img&ei=KHASYpOIN4Hqae_piJgF&bih=598&biw=1026&rlz=1C1XXVF_frDZ982DZ982)

- La biodentine :

Biodentine® est fabriqué par Septodont (Saint-Maur-de-Fosses Cedex, France).

Composé de silicate tricalcique, de carbonate de calcium, et d'oxyde de zirconium comme radio opacifiant, tandis que sa forme liquide contient du chlorure de calcium comme l'accélérateur de prise et l'agent réducteur d'eau. Biodentine® a été lancé comme substitut de dentine bioactif dont les propriétés mécaniques similaires à celles de la dentine saine et peut la remplacer à la fois dans la couronne et dans la racine. La Biodentine® se présente sous la forme d'une capsule contenant une poudre et un liquide contenus dans un flacon. Selon le fabricant, le temps de prise initiale du le temps de prise du matériau initial est de 12 minutes et est beaucoup plus court que celui du MT, un champ opératoire est nécessaire pendant la mise en place de

Biodentine®, car la contamination par l'eau ou de liquide ralentit la prise du matériau.[64]

- Les biocéramiques :
- Les biocéramiques désignent une large gamme de céramiques spécialement conçues pour la réparation, la reconstruction et le remplacement de parties du corps malades ou endommagées. En dentisterie, les biocéramiques sont fréquemment utilisées pour la reconstruction de la région orofaciale, le revêtement de surface des implants, et la fabrication de couronnes et de bridges. La zircone et l'hydroxyapatite sont deux exemples courants en dentisterie.

Le MTA est la première génération de biocéramique utilisée en endodontie. Il appartient à la catégorie des ciments à base de silicate tricalcique. L'adhésion et la biocompatibilité du MTA sont attribuées à la présence de silicate tricalcique.

Cependant, l'un des principaux inconvénients du MTA est sa maniabilité, son long temps de prise et sa dyschromie dentaire.

Ces dernières années, d'autres ciments bioactifs à base de silicate et de phosphate tricalcique bioactifs ont été introduits et prétendent ces limitations.

Le matériau de réparation radiculaire (MRR) EndoSequence (Brasseler USA, Savannah, GA, USA). Le même produit commercialisé sous les noms IRoot et TotalFill dans différents pays. Est un matériau biocéramique développé pour l'endodontie. Les indications sont similaires à celles du MTA, y compris l'obturation canalaire, obturation rétrograde, le coiffage pulpaire, l'apexification, la réparation de la résorption radiculaire et la réparation des perforations.

Selon le fabricant, il est composé de silicates de calcium, oxyde de zirconium, pentoxyde de tantale et phosphate de calcium monobasique et d'agents de remplissage.

Le matériau est prêt à l'emploi, pré mélangé, et se présente sous forme de pâte dans une seringue ou un mastic dans un pot. Un avantage du MRR, basé sur l'expérience clinique, est ses propriétés de manipulation, similaires à celles de Cavit (3M, St. Paul, MN, USA). Le MRR est biocompatible, hydrophile, insoluble, stabilité dimensionnelle, il a un PH élevé et une durée de prise total de 30 minutes.[58]

- Nouveaux types de ciments pour l'obturation de l'extrémité radiculaire :

Plusieurs types modifiés de matériaux de type MTA ont été ont été développés et commercialisés, notamment le MTA Angélus (Angélus et Rondriana, PR, Brésil), MTA Bio (Angélus et Rondriana, PR, Brésil), CPM (Egeo, Buenos Aires, Argentine), OrthoMTA (bioMTA, Séoul, Corée), et Endocem MTA (Maruchi, Séoul, Corée). L'inconvénient de ces

produits relativement nouveaux est l'absence de conclusions fondées sur la recherche.[64]

### 3.4.11.3. Technique de l'obturation à rétro :

Des petits carottes de matériau d'obturation à rétro de 1 mm à 2 mm sont réalisées et transportés sur un excavateur à cuillère n°12. Entre chaque carotte de matériau, un petit plugger (JEDMED Instrument Company, St. Louis, MO) qui s'adapte à l'intérieur de la préparation apicale est utilisé pour condenser le matériau. L'examen final de l'obturation à rétro est effectué après le séchage de la surface à l'aide d'un Irrigateur Stropko et une radiographie rétro alvéolaire de contrôle. On termine le rétro-remplissage avec ProRoot MTA en essuyant la surface biseautée de la racine avec une boulette de coton humide.[20]

### 3.4.12. Soins de la cavité et régénération osseuse guide :

#### 3.4.12.1. Classification des défauts osseux péri apicaux :

Kim et Kratchman ont classé les lésions péri radiculaires dans les catégories AF. Les types de lésions A, B et C représentent les lésions d'origine endodontique et sont classées en fonction de la taille croissante de la radio clarté péri radiculaire. Les types de lésions D, E et F représentent les lésions d'origine endodontique et parodontale combinées et sont classées en fonction de l'importance de la Dégradation péri radiculaire.[65]

**Tableau 1: classification des défauts osseux péri-apicaux :**

Les classes	Définitions
Classe A	Représente l'absence de lésion péri apicale, les symptômes cliniques sont la seule raison de l'intervention chirurgicale.
Classe B	Représente la présence d'une petite lésion péri apicale accompagnée de symptômes cliniques.
Classe C	Présente une grande lésion péri apicale progressant corolairement, mais sans poche parodontale et sans mobilité
Classe D	Sont cliniquement similaires à celles de la classe C, mais présentent des poches parodontales profondes.
Classe E	Présentent une lésion péri apicale profonde avec une communication endodontique et parodontale vers l'apex, mais sans fracture évidente.

Classe F	Représente une dent présentant une lésion apicale et un dénudement complet de la plaque buccale.
----------	--

Ananad S, Soujanya E, Raju A, Swathi A. Endodontic microsurgery: An overview. Dentistry and Medical Research. 2015 ; 3(2) :31

### 3.4.12.2. Régénération osseuse guidée (ROG) :

Le concept de traitement de la régénération osseuse guidée (ROG) préconise que la régénération des défauts osseux sont prévisiblement accessibles par l'application de membranes occlusives, qui exclue mécaniquement les populations de cellules non ostéogéniques des tissus mous environnants, permettant ainsi aux populations de cellules ostéogéniques provenant de l'os de migrer vers la cavité osseuse.[66]

### 3.4.12.3. Les membranes :

Les objectifs des membranes sont d'assurer la protection et la stabilisation du caillot sanguin dans l'espace osseux et de permettre aux cellules progénitrices à croissance plus lente de l'os et du ligament parodontal de repeupler la surface de la racine et de produire un nouvel attachement du tissu conjonctif.[67,68] Différents types de membranes ont été utilisés :

- Les membranes résorbables : peuvent être soit des matériaux naturels tels que le collagène soit des polymères synthétiques tels que la polyglactine. L'avantage principale est leur résorbabilité et ne nécessite pas une seconde intervention chirurgicale pour l'enlever. Leur inconvénient majeur est la nécessité d'un matériau supportant la membrane.[67,69]
- Les membranes non résorbables : Les caractéristiques des membranes non résorbables sont surtout l'inertie biologique, la flexibilité, la stabilité chimique et la microporosité asymétrique. En revanche, ce type de membrane présente quelques inconvénients tels que : la nécessité de fixation par des vis et d'une deuxième intervention pour la déposer environ 6 à 8 semaines après leur implantation, ainsi que le risque d'exposition de membrane et l'infection.[67,68]

### 3.4.12.4. Les matériaux de comblements :

Les biomatériaux de comblement osseux, ayant des origines variées ainsi que des propriétés ostéoconductrices différentes, on trouve des substitues osseux d'origines biologiques humain ou animal et des substituts osseux d'origines synthétiques come l'hydroxyapatite. Ces matériaux sont ajoutés dans les défauts osseux afin d'induire une cicatrisation osseuse, cémentaire ainsi que desmodontale.[70]

### 3.4.12.5. La fibrine riche en plaquettes (PRF) :

Plasma riche en plaquettes (PRP), protéines morphogéniques osseuses (BMP), facteur de croissance dérivé des plaquettes (PDGF), l'hormone de parathyroïde (PTH) et les protéines de la matrice de l'émail (EMD) ont été localement appliqué pour promouvoir le potentiel de guérison du site chirurgical.[71] Le PRF peut être considéré comme un réservoir de facteur de croissance qui peut être employé sans exposer le patient à aucune immunogénicité ou risque d'infection, parce qu'il n'est entièrement composé de rien que le sang du patient.[72]

### 3.4.13. Repositionnement du lambeau et sutures :

Le site de l'ostéotomie doit être inspecté et nettoyé il faut laisser le sang se remplir à nouveau pour permettre la formation d'un caillot sanguin et la guérison osseuse qui s'ensuit. Tout matériau de greffe ou membrane doit être placé à ce stade. Les tissus mous sont humidifiés à l'aide d'une gaze humide contenant du sérum physiologique avant le repositionnement du lambeau, car ils peuvent se déshydrater pendant l'intervention chirurgicale et la réhydratation aidera à retrouver l'élasticité naturelle des tissus. Des sutures seront nécessaires pour replacer le lambeau muco-périosté, un contact étroit avec l'os sous-jacent doit être établi pour minimiser l'épaisseur du caillot sanguin sous périosté et permettre une cicatrisation par 1er intention.[10]

#### 3.4.13.1. Le matériel de suture :

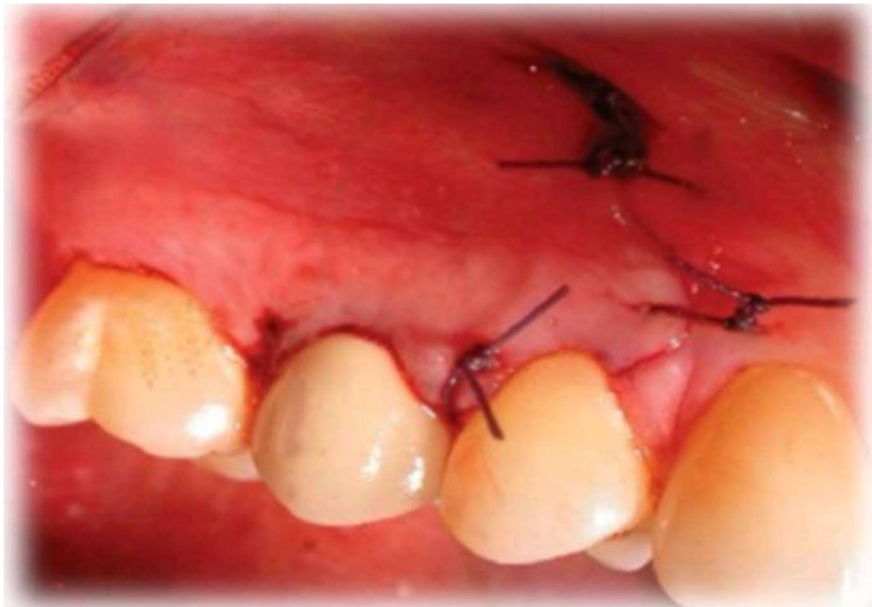
- A.** Les fils de suture : de tailles courantes sont 5-0 ou 6-0 pour les interventions standard, dans les zones esthétiquement exigeantes, comme le maxillaire antérieur, ou si un lambeau à base papillaire a été choisi, des sutures 7-0 peuvent être conseillées pour le repositionnement des papilles. Les fils monofilaments ou monofilaments enduits en nylon, polypropylène ou polytétrafluoroéthylène (PTFE) sont devenues le matériau de choix.[73]
- B.** L'aiguille : doit néanmoins être rigide et avoir un cercle de 3/8 avec une section transversale triangulaire pointue et acérée.[63]
- C.** Pinces porte-aiguille : sert aussi bien à tenir l'aiguille qu'à faire des nœuds et doit être d'une taille appropriée à l'aiguille choisie.[74]
- D.** Ciseaux : Il existe une grande variété de ciseaux. Ceux dont les lames sont légèrement courbées, les extrémités légèrement arrondies et les poignées à ressort sont préférables.[74]

#### 3.4.13.2. Technique de suture :



Les sutures simples interrompues sont généralement préférées aux sutures continues, car elles permettent une réadaptation plus contrôlée.[73]

- A. Point en « O » :** Suture simple interrompue (boucle simple) : est la technique de suture la plus couramment utilisée pour fermer les incisions verticales et horizontales afin de stabiliser les tissus.[4] ses Indications :
- Lambeaux dont le décollement est peu important
  - Incisions de décharge
  - Incisions linéaires de faible étendue et situés à distance des zones dentées (exemple : le fond du vestibule).
  - Tractions musculaires importantes risquant de désunir les berges de la plaie.[75]

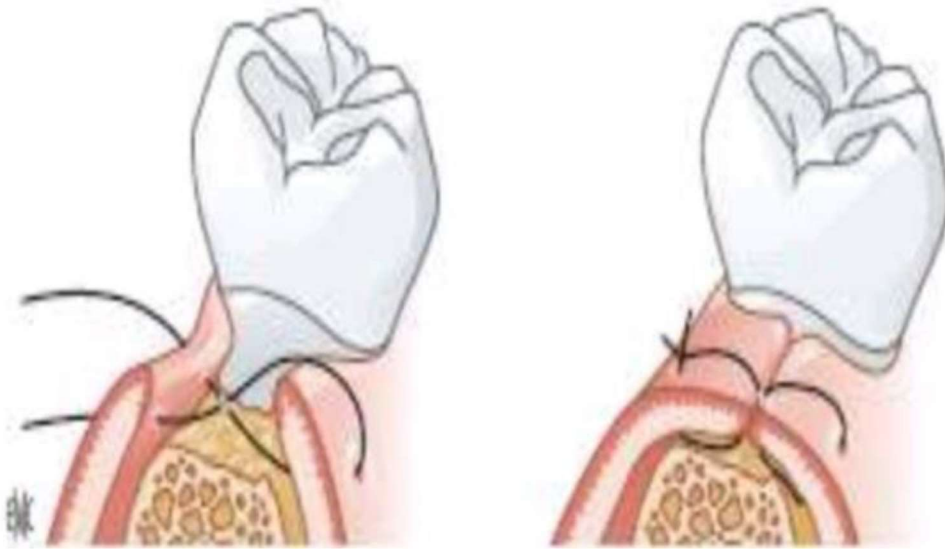


**Figure 52: point en « o »**

ROTSTEIN I, INGLE JI. Ingle's ENDODONTICS 7 : PMPH USA ; 2019.

- B. Point en « 8 » :** La suture en huit interrompue est la deuxième technique de suture la plus utilisée. Le principal avantage de cette technique est la facilité d'accès entre les dents. En revanche, son principal inconvénient est l'interposition du fil entre les lambeaux, ce qui compromet une cicatrisation de 1ère intention. Ses Indications :
- Situations dans lesquelles l'accès empêche la réalisation du point en O
  - Lambeaux dont le décollement est peu important et si une cicatrice de 1ère intention n'est pas recherchée.[4]

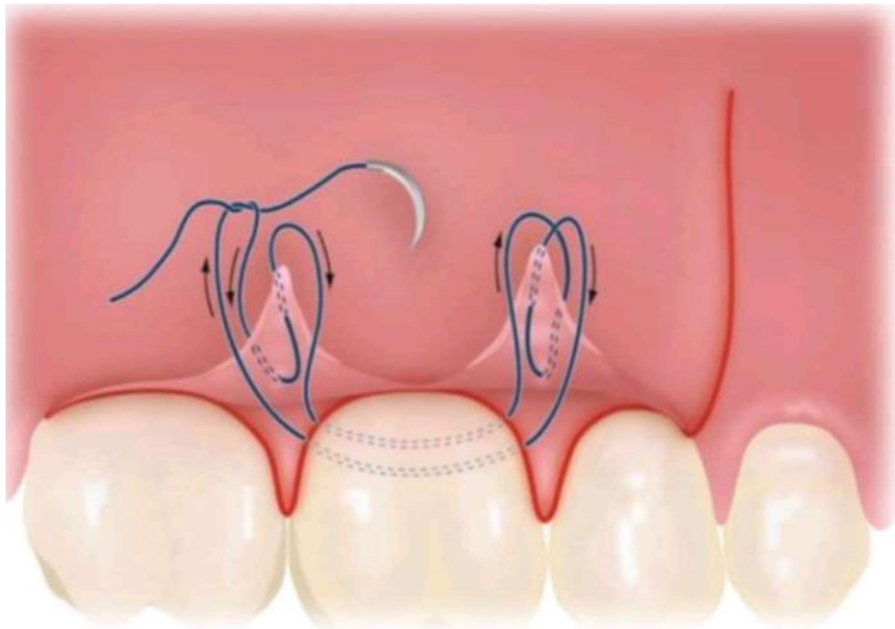




**Figure 53: point en « 8 »**

Teysseres N., Fossat S. Incisions et sutures en chirurgie maxillofaciale et stomatologie. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Stomatologie, 22-325-A-10, 2008.

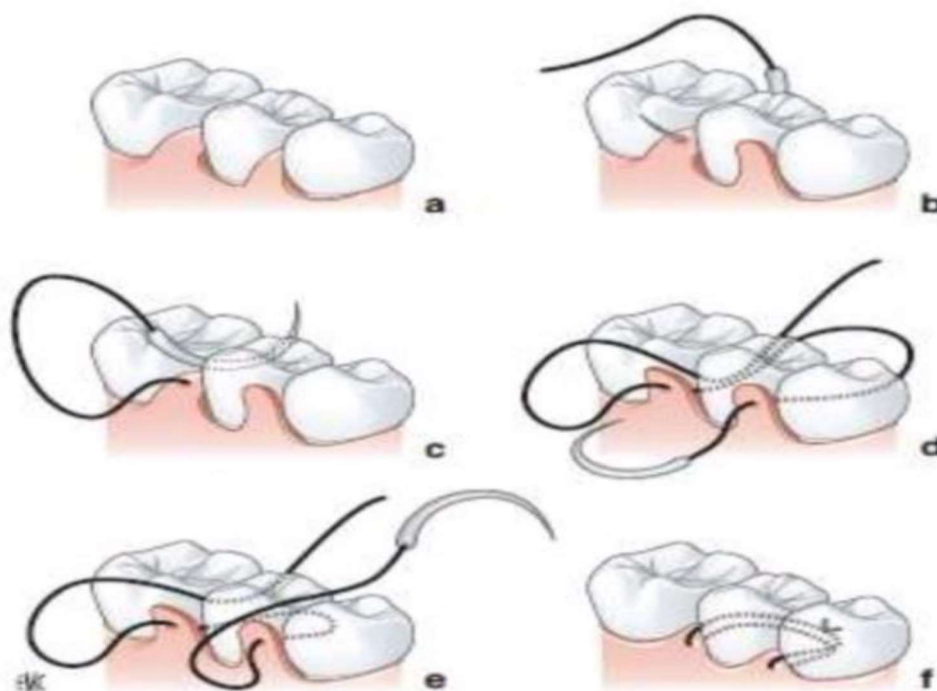
- C. Point matelassier vertical : permet de maintenir le lambeau en position coronaire il est généralement préféré pour sa capacité à obtenir un positionnement précis du lambeau et de la papille. Elle est couramment utilisée dans les chirurgies parodontales régénératives et les procédures de régénération tissulaire guidée.[4]



**Figure 54: Point matelassier vertical**

ROTSTEIN I, INGLE JI. Ingle's ENDODONTICS 7 : PMPH USA ; 2019.

- D. Une suture en écharpe peut être utilisée pour la réadaptation inter proximale dans les zones postérieures.[73]



**Figure 55: point en écharpe**

Teysseres N., Fossat S. Incisions et sutures en chirurgie maxillofaciale et stomatologie. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Stomatologie, 22-325-A-10, 2008.

### 3.4.14. Soins postopératoire:

#### 3.4.14.1. Conseils post opératoires :

Les instructions doivent être rédigées dans un langage simple et direct et sont les suivants :[4]

- Un gonflement et une décoloration sont courants. Utilisez une poche de glace avec une pression modérée sur l'extérieur de votre visage (20 minutes de pression et 5 minutes de repos) jusqu'à ce que vous alliez vous coucher le soir. L'application de glace sous pression réduit le saignement et le gonflement et procure un effet analgésique.
- Un suintement sanguin est normal. Si le saignement augmente, placez une compresse de gaze humide ou des mouchoirs en papier sur la zone et appliquez une pression avec les doigts pendant 15 minutes. Si le saignement continue, appelez votre praticien.
- Ne pas soulever votre lèvre ou votre joue pour regarder la zone concernée. Les points de suture sont attachés et vous pourriez les arracher.

- Dès demain, verser une cuillère à café de sel dans un verre d'eau chaude et rincez-vous doucement la bouche trois ou quatre fois par jour. Le rinçage avec un bain de bouche à la Chlorhexidine à 0,12 % peut favoriser la guérison. Eviter Les bains de bouche contenant de l'alcool dans les quelques jours suivant l'intervention. Le brossage soigneux est important, mais un brossage vigoureux peut endommager la région. Ce soir avant le coucher, brosser et nettoyer les surfaces inter dentaires partout sauf le site d'intervention. Demain soir, brosser soigneusement le site de l'intervention avec brosse à dent très souple (chirurgicale).
- Une alimentation et un apport en liquide appropriés sont essentiels après la chirurgie. Mangez des aliments mous et mastiquez du côté opposé du site de l'intervention. Boire souvent et mangez des aliments mous comme le fromage blanc, le yaourt, les œufs et la crème glacée.
- La douleur est généralement minimale après l'intervention, et des analgésiques puissants ne sont normalement pas nécessaires. Un certain inconfort est normal. En cas de prescription de médicament, suivez les instructions. Dans le cas contraire médicament n'a été prescrit, prenez votre antalgique habituel en cas de besoin. Si cela ne suffit pas, appelez votre praticien.
- Si vous êtes fumeur, ne fumez pas pendant les 3 premiers jours suivant l'intervention.
- Si vous ressentez un gonflement ou une douleur excessive ou si vous avez de la fièvre, appelez immédiatement votre praticien.
- Respectez votre rendez-vous pour retirer les points de suture (3 à 7 jours après l'intervention).
- Appelez le bureau du dentiste si vous avez des inquiétudes ou des questions.

### 3.4.14.2. Prescription post-opératoire :

- Prescription Antibiotiques post chirurgicaux :

Il existe deux indications pour l'utilisation d'antibiotiques ; pour traiter une infection active ou pour prévenir une infection. L'approche thérapeutique est différente pour chaque indication. L'utilisation des antibiotiques en endodontie chirurgicale chez un patient par ailleurs en bonne santé se fait lors de l'apparition de signes et symptômes d'une atteinte systémique, il s'agit notamment d'une température corporelle supérieure à 101°F ou inférieur à 96,8° d'une fréquence cardiaque supérieure à 90 battements par minute, d'une fréquence respiratoire supérieure à 20 respirations par minute, d'un malaise, d'un gonflement à progression rapide

ou d'une cellulite La molécule de choix est l'amoxicilline. En cas d'allergie, la clindamycine sera prescrite.[4]

Il est courant de placer un patient sous un antibiotique après l'opération, lorsque la greffe osseuse/la régénération tissulaire guidée est utilisée, afin de prévenir l'infection postopératoire et le rejet des matériaux de greffe.[58]

- Prescription des AINS :

Constituent généralement la classe de médicaments privilégiée pour la prise en charge de la douleur postopératoire (voir L'ibuprofène (400 à 800 mg) ou un AINS équivalent est généralement administré avant ou immédiatement après la chirurgie et peut être poursuivi pendant plusieurs jours après l'opération, selon les besoins.

Lorsqu'un soulagement supplémentaire de la douleur est nécessaire, un narcotique tel que la codéine, l'hydrocodone ou le tramadol peut être ajouté au régime standard d'AINS. Cette stratégie peut entraîner un effet synergique, et donc un soulagement de la douleur plus important que celui auquel on pourrait s'attendre avec la valeur analgésique distincte de chaque médicament. Une approche utile à court terme pour la prise en charge de la douleur modérée à sévère est un programme alternant "24 heures sur 24" d'un AINS et d'une combinaison acétaminophène/narcotique. La douleur après une chirurgie péri-radiculaire n'est généralement que légère à modérée. La douleur postopératoire est généralement très bien gérée avec des AINS uniquement, en particulier avec la stratégie recommandée précédemment, à savoir un traitement préopératoire par AINS et un anesthésique local à longue durée d'action, est associée à une approche chirurgicale peu traumatisante.[76]

- Antalgiques postopératoires :

Des antalgiques simples type paracétamol, prescrits systématiquement, suffisent le plus souvent à prévenir et juguler l'algie des premiers jours. Face à une douleur tenace, l'association paracétamol et codéine est conseillée, car plus efficace que le paracétamol seul. En revanche, il est possible de prescrire le paracétamol en association avec des corticoïdes pour avoir une action anti-inflammatoire efficace, sous couverture antibiotique.[77]

- Une brosse à dent de type chirurgical

- Bain de bouche antiseptique :

Ne débiter que 24 heures après l'intervention pour éviter d'éliminer trop précocement le caillot hémostatique. Rincer deux fois par jour pendant 4-6 jours afin d'éliminer les débris et de réduire la flore microbienne empêchant ainsi la formation de plaque. La Chlorhexidine par

exemple après un bain de bouche de 1 minute, environ 30% de la Chlorhexidine se fixe dans l'environnement buccal et est libérée sur une période d'environ 8-12 heures.[61]

### 3.4.14.3. Les contrôles post opératoires :

Bien que les suites postopératoires soient généralement très limitées en chirurgie endodontique, il est important que le patient soit parfaitement informé de leurs possibilités. Cela diminuera son appréhension et son anxiété et permettra un bon suivi postopératoire, le patient sachant ce qui est normal et ce qui ne l'est pas.[46]

Le premier rendez-vous de contrôle est effectué à 48 ou 72h pour déposer les fils de sutures. Puis, un examen clinique et radiographique de contrôle est réalisé par la suite à 10 jours, 3 mois, 6 mois, et 12 mois pour les cas simples.[78] S'il y a des complications, une visite supplémentaire à 3 semaines ainsi qu'un contrôle tous les 12 mois, après la première année et jusqu'à cicatrisation, sont recommandés.

### 3.5. pronostic :

Le pronostic des dents qui ont subi une amputation de la racine, une hémi section pour une bicuspidie varie selon la situation. Si ces procédures sont réalisées correctement et que la dent est restaurée correctement, le principal facteur de réussite est l'hygiène buccale du patient. Le patient doit être prêt et capable d'effectuer des procédures supplémentaires pour éviter l'accumulation de plaque. S'il ne le fait pas, la procédure échouera.[18]

### Problématique :

La parodontite apicale se développe à la suite d'une réaction inflammatoire locale en réponse à une infection microbienne provenant de systèmes canaux non traités ou traités. Elle se caractérise par une inflammation locale, entraînant la destruction des tissus péri apicaux et la résorption osseuse.

Les études qui ont examiné la prévalence des lésions péri apicales sur le plan histologique ont démontré que les granulomes, les kystes et les abcès représentent 90 % de ces lésions.

La détermination de la véritable nature de la lésion péri apicale (kyste ou granulome) permettrait aux cliniciens de décider s'ils doivent entreprendre un traitement non chirurgical, opter une approche attentiste « wait and watch » ou intervenir chirurgicalement.

La dentisterie est fortement dépendante des systèmes d'imagerie, qui sont utilisés pour le diagnostic, le traitement et le suivi des LIPOE. Dans la plupart des cas ils sont assurés par l'utilisation de radiographie rétro alvéolaire, la panoramique et plus récemment le CBCT.

Cependant, ces outils présentent un certain nombre d'inconvénients et de limites tels que la délivrance des doses importantes de rayonnement, le coût élevé et la difficulté à établir un diagnostic différentiel entre granulome et kyste péri apical. L'examen US a été utilisé précédemment en endodontie avec succès pour l'imagerie des tissus mous, facilitant le diagnostic différentiel des lésions péri apicales, surmontant les limites de la radiographie conventionnelle et de la tomographie informatisée (CT) grâce à sa disponibilité d'images en temps réel, à l'absence de rayonnement ionisant et à une analyse précise.

L'objectif principal de notre revue systématique est de démontrer l'intérêt de l'échographie dans le diagnostic positif et différentiel des lésions kystiques péri apical.

La question abordée par cette revue est la suivante : L'imagerie par ultrasons fournit-elle de meilleurs résultats diagnostiques dans la différenciation des lésions péri apicales d'origines endodontiques par rapport aux méthodes d'imagerie radiographique conventionnelles ?

# CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

### 1. Matériels et méthodes :

#### 1.1. Type d'étude :

-Il s'agit d'une revue systématique de littérature portant sur les études publiées de 2012 à 2023, évaluant l'intérêt de l'imagerie par ultrason (échographie) dans le diagnostic positif et différentiel des lésions kystiques d'origine endodontique.

#### 1.2. Objectif principal :

-Evaluation de la technique d'imagerie par ultrasons dans le diagnostic des kystes d'origine endodontique.

#### 1.3. Objectif secondaire :

-Comparaison entre la technique d'échographie et les techniques radiographiques dans le diagnostic des kystes d'origine endodontique.

#### 1.4. Population de l'étude :

-Notre revue cible les articles répondant aux critères d'inclusion.

#### 1.5. Critères d'inclusion :

- Année de publication : 2012-2022

- Langue d'article : français ou anglais.

- Le type de document : Essai contrôlé randomisé.

- Article expérimental traitant l'utilité de l'échographie pour le diagnostic différentiel et positif des LIPOE ;

#### 1.6. Critères de non inclusion :

- Articles publiés antérieurs à 2012

- Articles publiés en d'autres langues ;

- Mémoires ;

- Revue de littérature ;

- Articles abordant l'intérêt de l'imagerie par ultrasons dans le diagnostic des autres pathologies buccales.

#### 1.7. Sources des données :

-La recherche bibliographique a été conduite sur les bases de données suivantes :



PubMed, science direct, Google scholar,

En suivant la combinaison de mots clés :

Periapical Diseases; Ultrasonography; periapical cyst and granulomas; periapical lesions; ultrasound; echography AND Endodontic

### 1.8. Stratégies de recherche :

-Les termes utilisés pour la recherche de littérature étaient en rapport avec l'intérêt de l'échographie dans le diagnostic des lésions kystiques d'origine endodontique. Cette recherche a été débutée en avril 2023.

### 1.9. Fiche d'extraction des données :

Après avoir identifié les articles répondant à nos critères d'inclusion, les études ont ensuite été classées et analysées, puis les données suivantes ont été extraites :

- Le titre de l'article ;
- L'auteur ;
- L'année de publication ;
- La langue ;
- Le type de document ;
- Le type d'étude ;
- L'objectif d'étude ;
- La population ;
- L'âge ;
- La taille d'échantillon.

### 1.10. Résultats des différentes phases de recherche d'articles pour la revue systématique :

La méthodologie de recherche et la sélection des articles se sont basées sur la méthodologie PRISMA :

Cette première recherche nous a conduits à 192 articles.

Après lecture des titres et des résumés 133 articles ont ensuite été exclus de notre étude, 4 autres articles non obtenues ont été éliminés (articles payants).

Parmi 55 articles, 20 ont été sélectionnés. 35 ont été éliminés à la lecture complète.

## Chapitre II : Matériels et méthodes

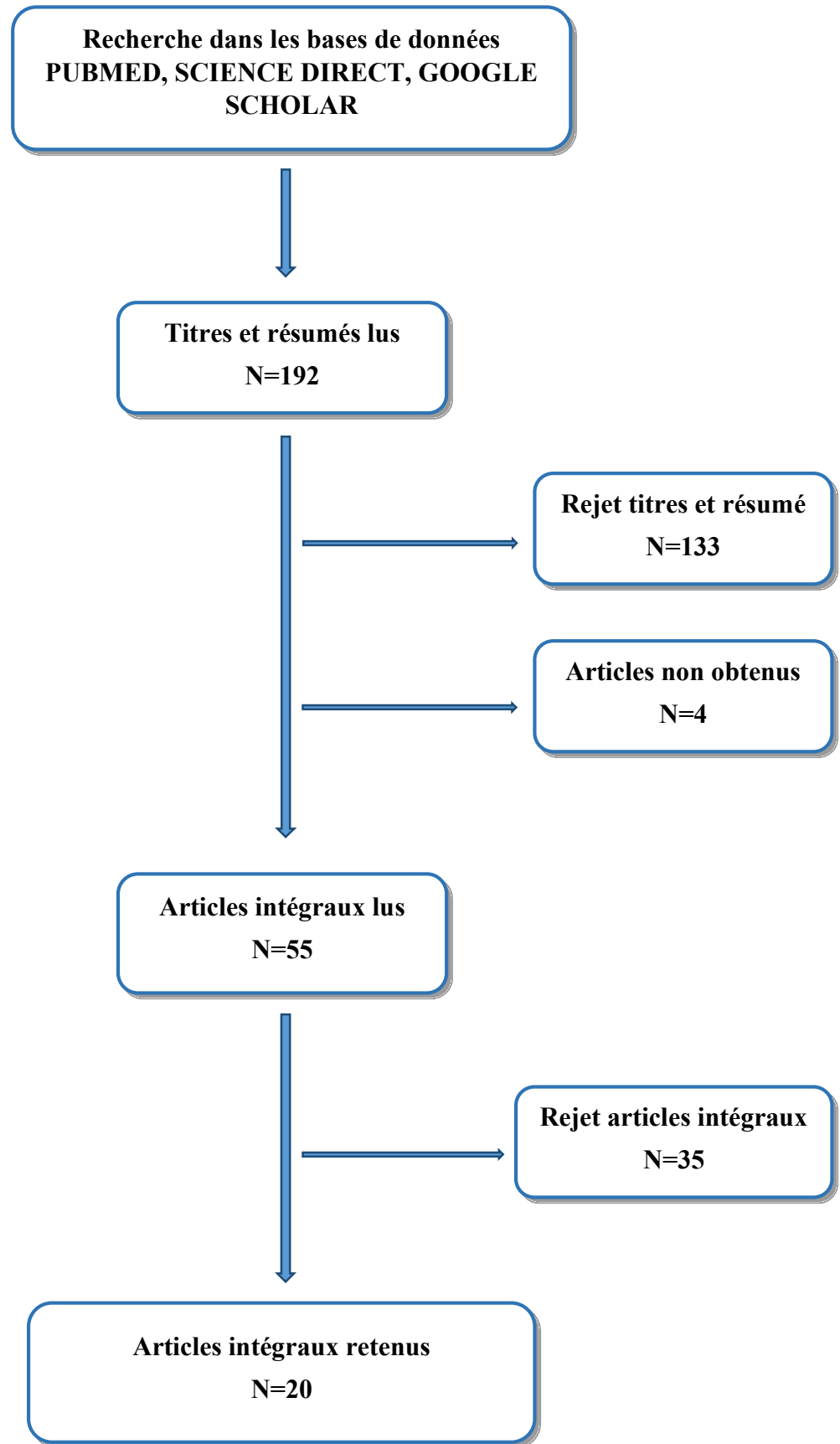


Diagramme de flux du nombre total d'articles sélectionnés

# CHAPITRE III :

# RESULTATS ET

# DISCUSSIONS

### 1. Résultats et discussions des études :

Titre	Auteur	Etude	Objectif de l'étude	Résultat	Conclusion
<p><b>1/Evaluation of ultrasonography as a diagnostic tool in the management of periapical cysts and granulomas: a clinical study [79]</b></p>	<p>Avci et Al</p>	<p>Type d'étude : essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2022</p>	<p>déterminer la concordance des diagnostics échographiques et histopathologiques ; Évaluer la capacité de l'échographie Doppler pour le diagnostic différentiel des LIPOE et comparer le suivi postopératoire par l'USG avec les radiographies périapicales</p>	<p>pas de différence significative dans les dimensions des lésions kystiques et les granulomes, l'échographie et les radiographie conventionnelles étaient compatibles. Les pré diagnostics et les diagnostics histopathologiques se sont révélés compatibles.</p>	<p>Les techniques ultrasonographiques Doppler couleur et puissance pourraient être une méthode efficace pour diagnostiquer les lésions périapicales en tant que kystes ou granulomes et pour le suivi des lésions après le traitement canalaire</p>
<p><b>2/Reliability of Ultrasonography in differentially diagnosing periapical lesions of endodontic origin in comparison with Intra-oral periapical radiography and Cone-beam computed tomography: An in vivo study[80]</b></p>	<p>Das et Adhikari</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2022</p>	<p>Évaluer et comparer l'utilisation de l'échographie, de la radiographie périapicale conventionnelle et du CBCT dans le diagnostic différentiel des LIPOE.</p>	<p>L'USG a montré une bonne concordance avec les résultats histopathologiques. Il a également montré un taux de précision plus élevé que la radiographie périapicale conventionnelle et le CBCT dans le diagnostic différentiel des lésions périapicales.</p>	<p>L'échographie peut être utilisée comme un complément non invasif dans le diagnostic des lésions périapicales.</p>

## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>3/A Comparative Evaluation of Digital Radiography and Ultrasound Imaging to Detect Periapical Lesions in the Oral Cavity[3]</b></p>	<p>Jaswal et Al</p>	<p>Type d'étude: Essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2022</p>	<p>Evaluer l'efficacité de la radiographie numérique et de l'échographie (USG) pour la distinction entre les kystes et les granulomes péri apicaux, déterminer la nature et l'étendue de la lésion péri apicale, visualiser la lumière de la lésion, évaluer sa taille, son contenu et sa vascularisation.</p>	<p>La valeur diagnostique de l'USG par rapport au diagnostic histopathologique du kyste péri apical était supérieure à celle du diagnostic radiographique. La valeur diagnostique de l'imagerie USG par rapport au diagnostic histopathologique du granulome péri apical était légèrement inférieur à celle de la radiographie numérique.</p>	<p>L'USG avec doppler couleur est un outil plus efficace que la radiographie numérique pour diagnostiquer les lésions péri apicales. L'écho structure des lésions et la présence d'une vascularisation sur l'USG avec doppler couleur correspondent mieux à l'histopathologie que le diagnostic radiologique.</p>
<p><b>4/Diagnostic accuracy of panoramic radiography and ultrasonography in detecting peri apical lesions using peri apical radiography as a gold standard[81]</b></p>	<p>Arslan et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2020</p>	<p>comparer la précision des techniques d'imagerie dans le diagnostic des lésions péri apicales.</p>	<p>La lésion péri apicale a été correctement détectée dans 80 % des cas avec l'échographie et dans 77 % des cas avec la radiographie panoramique.</p>	<p>l'échographie est une méthode alternative aux techniques radiographiques numériques pour le diagnostic des dents antérieures présentant des lésions péri apicales.</p>

## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>5/Ultrasound Examination to Visualize and Trace Sinus Tracts of Endodontic Origin[82]</b></p>	<p>Cotti et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2019</p>	<p>évaluer la possibilité de détecter les PA fistulisées et de tracer leur trajet grâce à un examen échographique en temps réel.</p>	<p>La précision diagnostique de l'examen échographique était élevée. Une sensibilité élevée et une spécificité de 100 % ont également été obtenues. Le mode 3D a permis de reconstruire les trajets les plus complexes.</p>	<p>l'échographie peut être une alternative pour le diagnostic des LIPOE.</p>
<p><b>6/Versatility of high resolution ultrasonography in the assessment of granulomas and radicular cysts: a comparative in vivo study[2]</b></p>	<p>Sönmez et Al</p>	<p>Types d'étude: Essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2019</p>	<p>Évaluer et comparer le potentiel diagnostique de l'échographie à haute résolution avec les radiographies péri apicales (RP) et le CBCT dans la distinction des granulomes et des kystes radiculaires.</p>	<p>bonne concordance entre l'échographie et l'histopathologie. Aucune différence statistiquement significative n'a été constatée entre la radiographie péri apicale, le CBCT et l'échographie en ce qui concerne les mesures de la lésion avant traitement.</p>	<p>L'échographie a fourni des informations utiles pour le diagnostic différentiel des granulomes et des kystes radiculaires.</p>
<p><b>7/Efficiency of Ultrasonography in Swellings of Oro-facial Region[83]</b></p>	<p>Zope et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2018</p>	<p>d'étudier les caractéristiques ultra-sono-graphiques de différents types de tuméfactions dans la région oro-faciale.</p>	<p>Une concordance entre le diagnostic clinique et le diagnostic échographique était de 100 % dans tous les cas, sauf les cas de kystes, d'abcès et de sialadénite. Sa fiabilité s'est avérée être de 97 % par rapport au diagnostic histopathologique, alors qu'elle était de 90 % par rapport au diagnostic clinique.</p>	<p>L'échographie s'est avérée être une modalité diagnostique fiable pour le diagnostic des tuméfactions oro-faciales.</p>

## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>8/Cone beam computed tomography and ultrasonography imaging of benign intraosseous jaw lesion: a prospective radio pathological study[84]</b></p>	<p>Bayrakdar et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p style="text-align: center;">2017</p>	<p>comparer le CBCT aux US pour la détection et le diagnostic des lésions intra-osseuses.</p>	<p>Les résultats de l'échographie étaient compatibles avec le CBCT en ce qui concerne les dimensions des lésions dans les trois plans et en corrélation avec l'histopathologie sur le contenu des lésions.</p>	<p>CBCT est la techniques de choix pour le diagnostic des lésions intra-osseuses des maxillaires et les US peuvent compléter le CBCT pour diagnostiquer les LIPOE à condition que la corticale soit mince ou perforée.</p>
<p><b>9/Ultrasound examination with color power Doppler to assess the early response of apical periodontitis to the endodontic treatment[85]</b></p>	<p>Cotti et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p style="text-align: center;">2017</p>	<p>évaluer la possibilité de détecter les LIPOE et ses changements vasculaires précoces à l'aide de l'échographie et d'établir une corrélation entre la réponse précoce des LIPOE au traitement endodontique.</p>	<p>Le diagnostic histo pathologique a confirmé que parmi les 21 LIPOE, 6 étaient des kystes péri apicaux, 15 des granulomes et la diminution ou la disparition du flux vasculaire était significativement liée à une tendance à la guérison des lésions.</p>	<p>L'imagerie échographique est un outil efficace pour déterminer la nature pathologique des LIPOE et l'écho-Doppler permet d'évaluer la réponse précoce de la lésion à un TE par l'analyse des changements vasculaires des zones affectées / traitées.</p>

## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>10/Utility of Transfacial Dental Ultrasonography in Evaluation of Cystic Jaw Lesions[38]</b></p>	<p>Gad et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2017</p>	<p>démontrer l'utilité de l'échographie dans le diagnostic des lésions kystiques des maxillaires.</p>	<p>L'échographie a permis d'établir la présence ou l'absence d'une lésion, l'érosion de la corticale osseuse et l'identification de l'atteinte des tissus mous associés dans tous les cas.</p>	<p>l'échographie a une valeur potentielle comme méthode d'imagerie de routine en cabinet dentaire.</p>
<p><b>11/Ultrasound evaluation of intra-osseous cavity: A preliminary study in pigmandibles[86]</b></p>	<p>Ferreira et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2016</p>	<p>évaluer le rôle de l'échographie comme outil possible de diagnostic des lésions intra-osseuses.</p>	<p>il est possible de détecter des images des cavités intra-osseuses en utilisant à la fois des techniques radiographiques et ultrasoniques, Cependant, les cryptes n'ont pas été entièrement détectées</p>	<p>L'échographie est une méthode utile pour l'évaluation des lésions intra-osseuses, à condition que l'os cortical soit suffisamment mince pour permettre le passage des ondes ultrasonores</p>
<p><b>12/Role of ultrasound and color Doppler in diagnosis of periapical lesions of endodontic origin at varying bone thickness[87]</b></p>	<p>Tikku et Al</p>	<p>Type d'étude: Essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2016</p>	<p>Connaître le rôle de l'échographie et du doppler couleur dans le diagnostic des lésions péri apicales des maxillaires.</p>	<p>l'échographie ne permette pas d'établir un diagnostic définitif, mais elle peut faciliter le diagnostic différentiel entre les lésions péri apicales.</p>	<p>L'échographie peut être recommandée comme méthode complémentaire pour le diagnostic des LIPOE. Cependant, cette technique peut avoir un rôle limité dans la détection des lésions où l'os cortical sus-jacent est épais.</p>



## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>13/Ultrasound in differential diagnosis of peri apical radiolucencies: A radiohisto-pathological study[88]</b></p>	<p>Kumar et Khambete</p>	<p>Type d'étude: Essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2015</p>	<p>Évaluer l'efficacité de l'échographie dans le diagnostic différentiel des radio clartés péri apicales.</p>	<p>Lorsqu'une quantité suffisante d'os cortical buccal avait été résorbée, l'imagerie par ultrasons était simple et le diagnostic échographique correspond à l'examen histopathologique de référence.</p>	<p>L'échographie (USG) peut fournir des informations précises sur la nature des lésions intra-osseuses des maxillaires avant toute procédure chirurgicale.</p>
<p><b>14/Comparative Evaluation of Advanced and Conventional Diagnostic Aids for Endodontic Management of Periapical Lesions, An in Vivo Study[89]</b></p>	<p>Sandhu S</p>	<p>Type d'étude: Essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2015</p>	<p>Evaluer l'efficacité de l'échographie, du CBCT et de la radiographie conventionnelle dans le diagnostic des lésions péri apicales et établir une corrélation clinique avec le plan de traitement des maladies péri apicales.</p>	<p>Les lésions péri apicales diagnostiquées comme des granulomes par les résultats échographiques ont été confirmées par les résultats histopathologiques dans les 16 cas traités chirurgicalement et les 14 autres cas qui ont été diagnostiquées comme des lésions mixtes à l'échographie ont été traitées de façon non chirurgicale et avaient un pronostic favorable.</p>	<p>L'échographie permet d'obtenir des informations précises sur la nature pathologique de la lésion et peut donc conduire à une planification prévisible du traitement.</p>
<p><b>15/The Efficiency of Ultrasound and Doppler Ultrasound in Differential Diagnosis of Peri apical lesions in Iraqi Populations[90]</b></p>	<p>Shahrazad Saeed et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2014</p>	<p>Évaluer l'efficacité de l'échographie dans le diagnostic différentiel des lésions péri apicales.</p>	<p>Dans tous les cas, il a été possible de différencier le kyste et le granulome, de mesurer les lésions, et d'évaluer leur contenu et leur vascularisation. Une précision, une sensibilité et une spécificité pour chaque type de lésion péri apicale ont été établis.</p>	<p>L'échographie est une technique de diagnostic fiable pour différencier les lésions péri apicales.</p>

## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>16/Ultrasonography and Color Doppler in the Differential Diagnosis of periapical Cyst and Granuloma[91]</b></p>	<p>Arora et Al</p>	<p>Type d'étude: Essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2014</p>	<p>évaluer la valeur diagnostique de l'échographie et le Doppler couleur dans les kystes péri apicaux et les granulomes de la région antérieure des maxillaires.</p>	<p>Les kystes péri apicaux ont conservé une corrélation de 100 % avec l'histopathologie, tandis que les granulomes n'avaient qu'une relation de 70 % en raison de l'épaisseur de l'os corticale.</p>	<p>L'étude a démontré l'efficacité de l'USG en combinaison avec le Doppler couleur en tant qu'option sûre et non invasive pour diagnostiquer les lésions péri apicales granulomateuses/ kystiques.</p>
<p><b>17/Ultrasound imaging versus conventional histopathology in diagnosis of peri apical lesions of endodontic origin: A comparative evaluation[92]</b></p>	<p>Parvathy et Al</p>	<p>Type d'étude : essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2014</p>	<p>Évaluer la technique d'imagerie par ultrasons associée à l'application du Doppler couleur pour différencier les lésions péri apicales d'origine endodontique.</p>	<p>Sur les 20 cas étudiés, l'échographie a permis de détecter des granulomes péri apicaux dans les 9 cas et des kystes radiculaires dans les 11 cas.</p>	<p>L'imagerie par ultrasons pourrait être utilisée pour l'évaluation des lésions péri apicales d'origine endodontique. Toutefois, d'autres études sont nécessaires pour établir une corrélation définitive.</p>
<p><b>18/Ultrasonography with color Doppler and power Doppler in the diagnosis of periapical lesions[93]</b></p>	<p>Goel et Al</p>	<p>Type d'étude : essai clinique randomisé</p> <p>Année de publication</p> <p>2012</p>	<p>Évaluer l'efficacité de l'échographie (USG) avec applications Doppler couleur et Doppler puissance par rapport à la radiographie conventionnelle dans le diagnostic des lésions péri apicales.</p>	<p>L'examen échographique a permis d'identifier avec précision 29 des 30 lésions péri apicales alors que la radiographie conventionnelle n'a permis d'identifier que 21 lésions. Il y avait une corrélation nette entre l'écho-texture des lésions et les caractéristiques histopathologiques, sauf dans un cas.</p>	<p>L'imagerie USG avec Doppler couleur et Doppler puissance est supérieure aux méthodes radiographiques intra-orales conventionnelles pour diagnostiquer la nature des lésions péri apicales dans les maxillaires.</p>

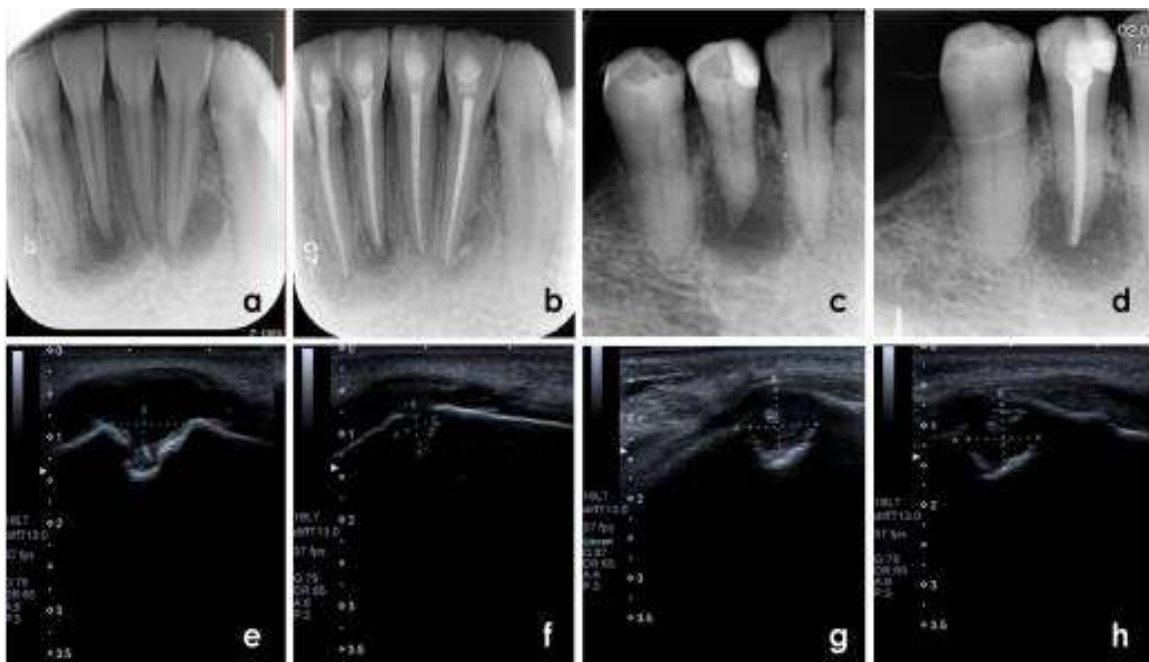
## Chapitre III : Résultats et discussions

<p><b>19/Ultrasound imaging in the diagnosis of periapical lesions[94]</b></p>	<p>Prince et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2012</p>	<p>Évaluer la capacité de l'échographie ainsi que l'application du Doppler couleur dans l'identification et le diagnostic différentiel des lésions péri apicales.</p>	<p>Le diagnostic différentiel entre les granulomes péri apicaux et les lésions kystiques basé sur les résultats de l'échographie a été confirmé par les résultats de l'examen histopathologique dans 13 des 15 cas, un granulome et 14 lésions kystiques.</p>	<p>L'échographie est capable de donner le diagnostic différentiel entre les kystes et les granulomes et peut avoir d'autres applications dans l'étude des autres lésions des maxillaires.</p>
<p><b>20/To evaluate the efficacy of ultrasonography compared to clinical diagnosis, radiography and histopathological findings in the diagnosis of maxillofacial swellings[95]</b></p>	<p>Pallagatti et Al</p>	<p>Type d'étude: essai clinique randomisé</p> <p>L'année de publication</p> <p>2012</p>	<p>Évaluer l'efficacité de l'échographie par rapport au diagnostic clinique, radiographique et aux résultats histopathologiques dans le diagnostic des tuméfactions maxillo-faciales.</p>	<p>Des résultats significatifs similaires ont été obtenus en comparant l'échographie à l'histopathologie au diagnostic clinique et au diagnostic radiographique</p>	<p>L'échographie donne une image précise et fournit des informations sur la nature de la lésion, son étendue et sa relation avec les structures environnantes. Ainsi, en complément des examens cliniques et histopathologiques, l'imagerie ultrasonore en temps réel s'avère être une aide précieuse pour le diagnostic.</p>

### 1.1. Résultats :

La première étude de Avci et Al 2022 a été déroulée en deux étapes : dans un premier temps, la présence de vascularisation chez 10 patients pour lesquels une résection apicale était indiquée au département d'endodontie, les lésions ont été classées comme solides (granulomes péri apicaux) ou kystiques (kystes péri apicaux). Le diagnostic histo pathologique des lésions après traitement a été comparé aux résultats de l'échographie, dans huit des dix cas (80 %), l'échographie a permis d'établir un diagnostic histo pathologique de kyste péri apical, ce qui indique que les deux méthodes sont compatibles.

Dans un deuxième temps, les lésions péri apicales détectées sur des radiographies panoramiques chez 44 patients sur les dents antérieures supérieures et inférieures ont été mesurées à l'aide de radiographies péri apicales et de l'échographie, les résultats ont montré une diminution statistiquement significative des mesures dimensionnelles après le traitement des lésions et y'avait pas de différence significative entre les deux techniques, donc l'échographie et les radiographies conventionnelles étaient compatibles.[79]

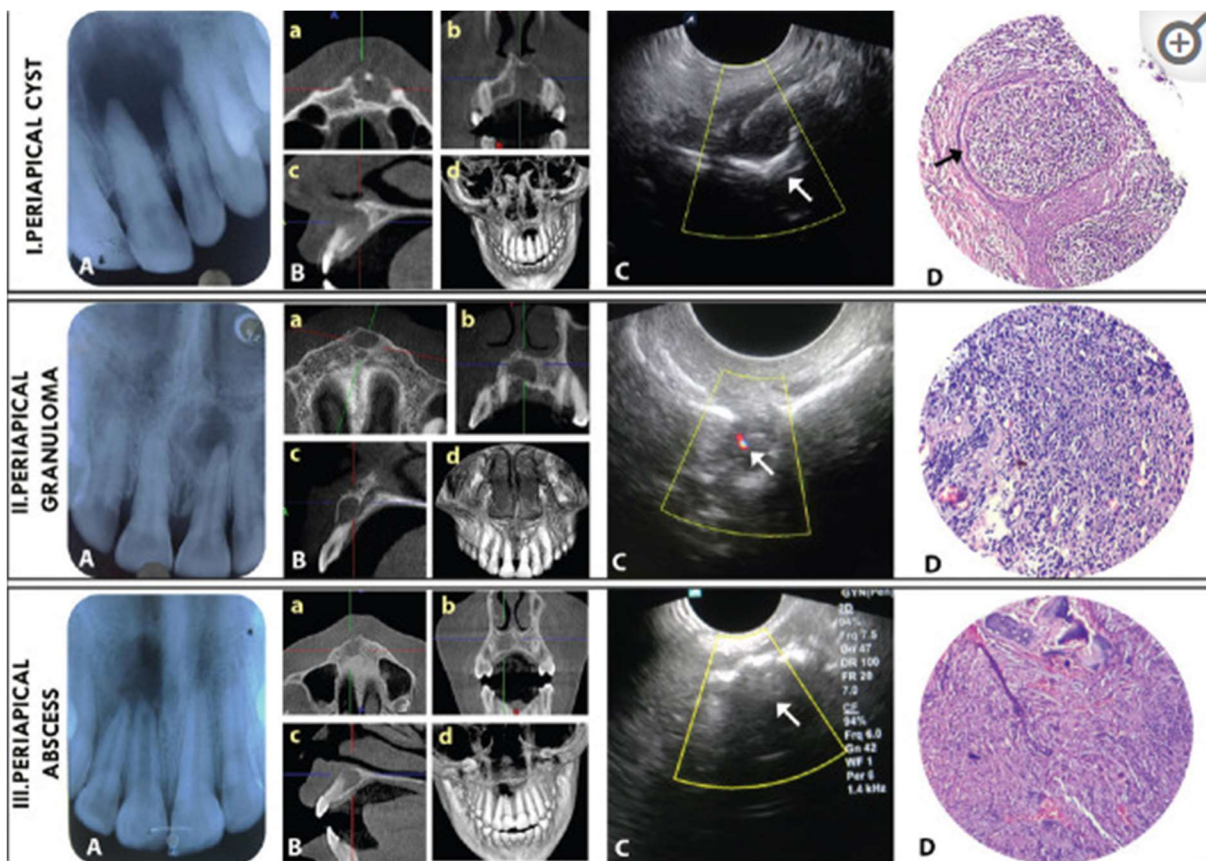


**Figure 56 : Présentation comparative de la radiographie péri apicale et des images ultrasonographiques (USG) des deux cas avant et après le traitement. A. Radiographie péri apicale d'un kyste péri apical avant traitement. B. Radiographie péri apicale d'un d'un kyste péri apical après traitement. C. Radiographie péri apicale avant traitement d'un granulome péri apical. D. Radiographie péri apicale après traitement d'un granulome péri apical. E. Image USG pré traitement d'un kyste péri apical. F. Image USG post-traitement d'un kyste péri apical. G. Image USG pré traitement d'un granulome péri apical. H. Image USG post-traitement d'un granulome péri apical**

<https://doi.org/10.5624%2Fisd.20210239>

La deuxième étude de Das et Adhikari 2022 ; qui a porté sur 35 patients présentant une lésion péri apicale dans la région antérieure des deux maxillaires, a montré que Les radiographies conventionnelles ont permis de diagnostiquer les lésions kystiques avec une précision de 62,8 % et les granulomes avec une précision de 54,29 %. Le CBCT a permis de diagnostiquer les lésions kystiques avec une précision de 68,57 % et les granulomes avec une précision de 71,43 %. L'échographie a permis de diagnostiquer les lésions kystiques avec une précision de 82,85 % et les granulomes avec une précision de 88,57 %, tandis que pour les abcès, la précision était de 94,28 %.

La comparaison de ces résultats avec l'histopathologie indique que l'échographie est un outil plus précis pour le diagnostic différentiel d'une lésion péri apicale que la radiographie conventionnelle et le CBCT.[80]

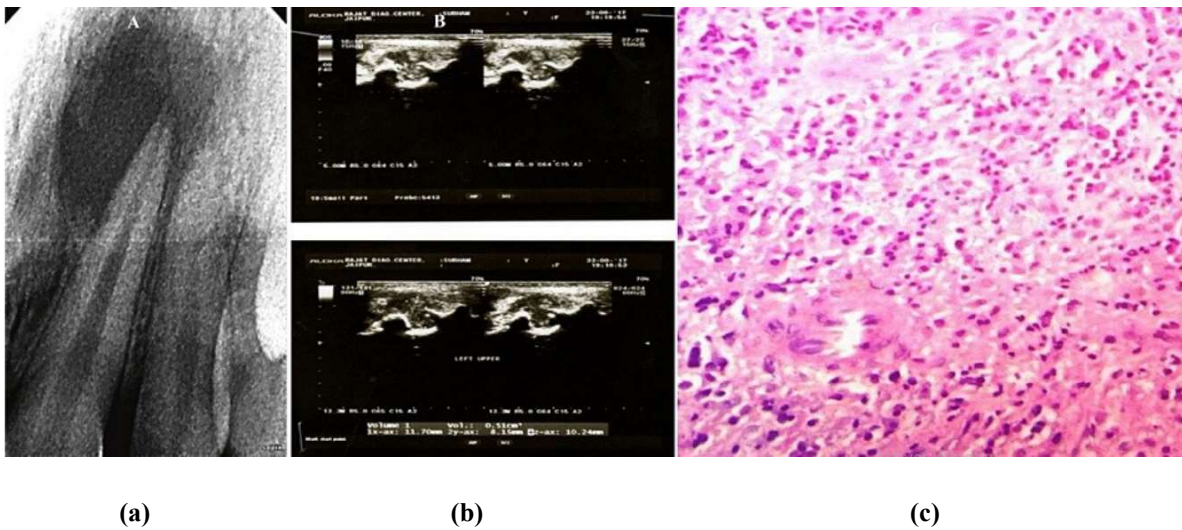


**Figure 57: (I) Kyste péri apical : (A) radiographie IOPA, (B) (a-d) vues CBCT (c) échographie (flèche montrant le rehaussement du bord postérieur) (d) coupe histopathologique) (×10) (flèche montrant l'épithélium en arcade. (II) Granulome péri apical : (A) radiographie IOPA (b) (a-d) vues CBCT (c) échographie (flèche montrant la vascularisation au Doppler) (d) coupe histopathologique (×10). (III) Abcès péri apical**

[https://doi.org/10.4103%2Fjcd.jcd\\_254\\_21](https://doi.org/10.4103%2Fjcd.jcd_254_21)



La troisième étude de Jaswal et Al 2022 ; sur un total de 30 lésions, portée sur 30 patients présentant des radio clartés péri apicales bien définies sur des dents maxillaires ou mandibulaires, l'échographie a diagnostiqué 1 abcès péri apical, 11 kystes péri apicaux et 18 granulomes péri apicaux. A l'examen histopathologique, 2 lésions étaient diagnostiquées comme un abcès péri apical, 10 comme des kystes péri apicaux, et 18 comme des granulomes péri apicaux.[3]



**Figure 58: (a) radiographie numérique montrant une radio transparence péri apicale bien circonscrite en relation avec la 21,22 mesurant plus de 1,5 cm, suggérant un kyste péri apical. (b) les images USG révélant une cavité anéchogène bien profilée entourée une par paroi osseuse renforcée sans vascularisation. (c) photomicrographie montrant kyste péri apical tapissé d'un épithélium pavimenteux.**

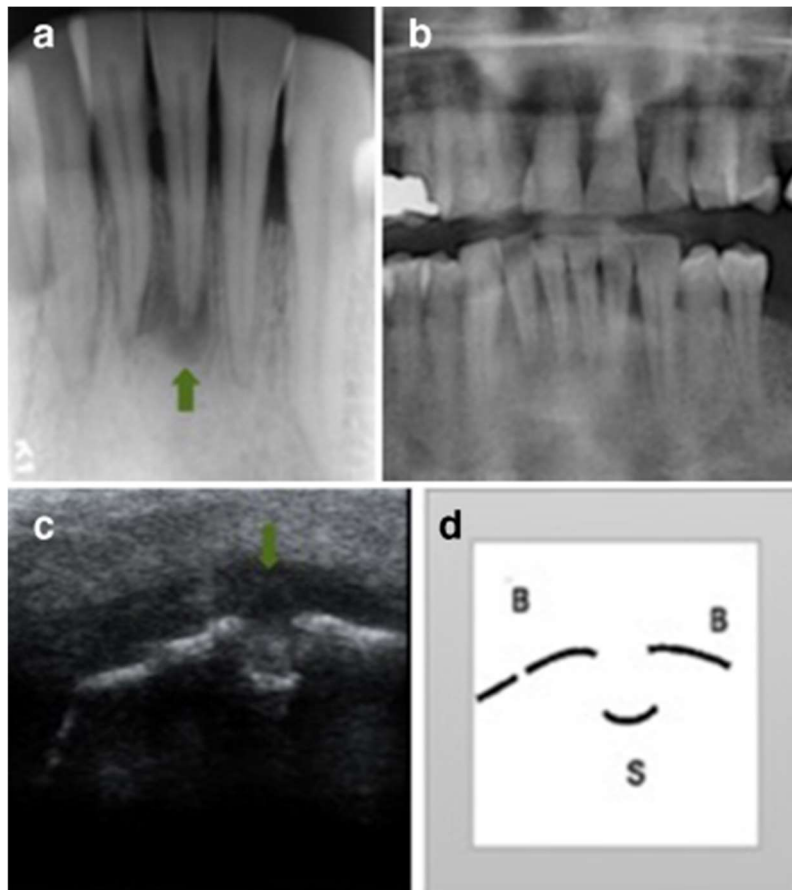
DOI: 10.7759/cureus.30070

La quatrième étude de Arslan et Al 2020 ; 160 dents maxillaires et mandibulaires antérieures avec ou sans lésion péri apicale ont été incluses dans cette étude, Sensibilité, spécificité, valeur diagnostique des radiographies panoramiques et des échographies ont été déterminées.

La sensibilité globale était de 0,80 et 0,77 pour l'USG et la radiographie panoramique respectivement, ce qui montre que la lésion péri apicale a été correctement détectée dans 80 % des cas par l'échographie et dans 77 % des cas avec la radiographie panoramique. Les valeurs de spécificité ont été déterminées à 0,97 pour l'échographie et de 0,95 pour la radiographie panoramique, et la précision diagnostique globale était de 0,86 et 0,84 pour l'échographie et la

radiographie panoramique, respectivement. Les valeurs de précision diagnostique des deux méthodes étaient similaires.

Ces résultats montrent que, bien que l'échographie ait une valeur plus élevée que la radiographie panoramique, les deux techniques ont des valeurs de précision diagnostique similaires et qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux techniques dans la détection des lésions péri apicales.[81]



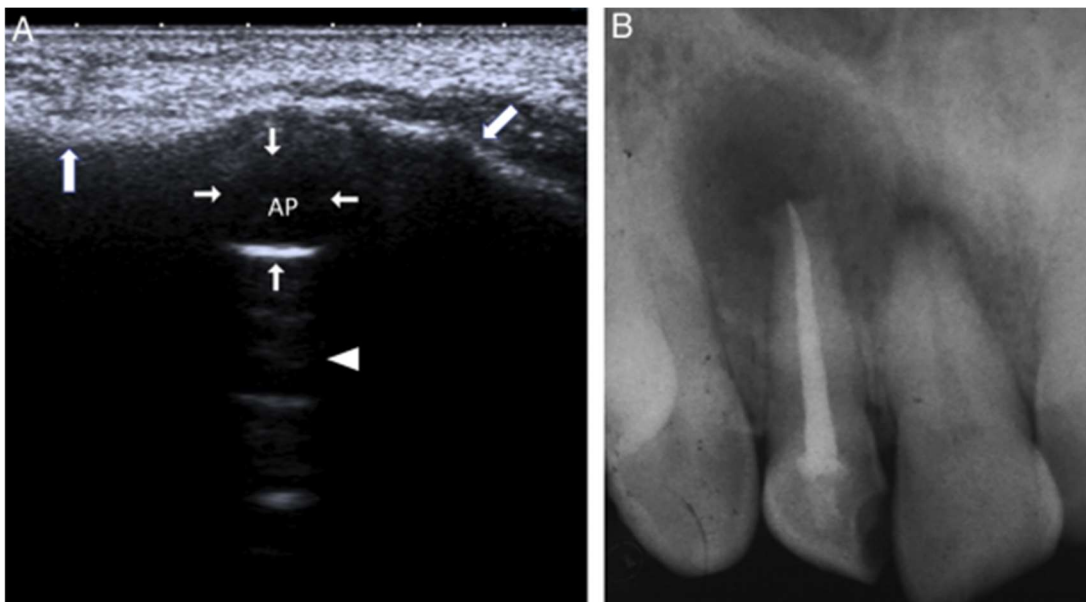
**Figure 59(a) La radiographie péri apicale montre une lésion péri apicale de l'incisive mandibulaire. (b) Vue panoramique (la lésion n'est pas clairement identifiable). (c) L'échographie montre une lésion péri apicale et une perforation buccale (flèche jaune : : interrompt l'image hyperéchogène de l'os cortical buccal de la lésion) causée par la lésion. (d) Équivalent schématique de c ; B : surface de la plaque osseuse corticale buccale, S : surface profonde de la lésion péri apicale. La région située entre B et S montre la zone de la lésion.**

doi: 10.1259/dmfr.20190290

La cinquième étude de Cotti et Al 2019 ; deux examinateurs calibrés ont effectué une échographie sur 10 patients présentant une parodontite apicale (PA) avec fistule et sur 10 patients du groupe de contrôle présentant une PA sans fistule, recrutés dans 2 cabinets d'endodontie.

Les fistules se présentent comme des voies dishomogènes, hypoéchogènes, bordées de parois échogènes et renforcées, reliant la lésion aux tissus intra- ou extra-oraux où s'ouvre la cavité buccale. Lorsque ces voies atteignent la muqueuse alvéolaire, ils étaient encadrés par une zone échogène à l'interface entre les tissus buccaux et la corticale osseuse.

la précision diagnostique de l'examen échographique pour la détection des parodontites apicales fistulisées était en moyenne de 97,5 %.[82]



**Figure 60: (A) Image échographique d'une lésion péri apicale montrant une corticale osseuse intacte (flèches) et un renforcement acoustique postérieur (tête de flèche). (B) Radiographie péri apicale montrant la même lésion (dent n° 7).**

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.009>

La sixième étude de Sönmez et Al 2019 ; sur un total de 33 dents présentant des lésions péri apicales, des examens histologiques ont été réalisés sur un total de 20 lésions, le diagnostic histopathologique a confirmé que 12 étaient des kystes péri apicaux et 8 des granulomes, Bien que trois des granulomes avaient été identifiés comme des kystes péri apicaux à l'échographie.[2]



La septième étude de Zope et Al 2018; L'étude porte sur 30 patients se plaignant de tuméfactions dans la région orofaciale. Le diagnostic échographique est ensuite corrélé au diagnostic clinique et histopathologique.

Une association significative a été observée entre le diagnostic clinique et le diagnostic échographique. La concordance est de 93% dans un cas de kyste, de 80% dans un cas d'abcès et de 0% dans un cas de sialadénite.

Une association significative a également été observée entre le diagnostic échographique et le diagnostic histopathologique, la concordance entre les deux était de 100 % dans tous les cas, sauf dans un cas de tumeur odontogène bénigne.[83]

La huitième étude de Bayrakdar et Al 2017 ; en utilisant le CBCT et l'échographie, ils ont évalué 123 lésions intra-osseuses des maxillaires diagnostiquées chez 121 patients en basant sur les résultats du CBCT.

Des images échographiques ont été réalisées pour 89 des 123 lésions examinées par CBCT, et pour les 34 lésions restantes n'ont pas pu être prises en raison d'un os cortical épais ou d'autres raisons anatomiques. Sur les 89 lésions pour lesquelles des images échographiques ont été obtenues, 56 (62,9 %) étaient des kystes.

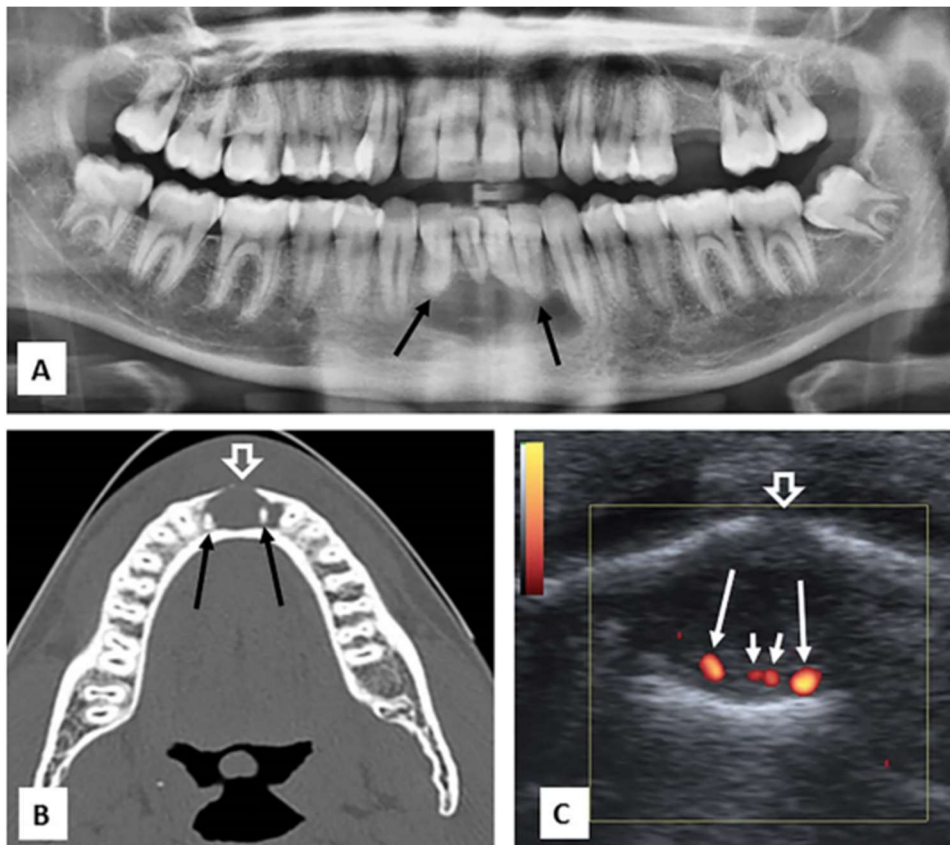
Les résultats du CBCT a été comparés à ceux de l'échographie en ce qui concerne la détection des perforations palato-linguales et les dimensions des lésions dans les trois plans, les résultats de l'échographie et de l'histopathologie sur le contenu des lésions étaient en corrélation.[84]

La neuvième étude de Cotti et Al 2017 ; 21 lésions péri apicales ont été visualisées par un examen échographique, et un diagnostic différentiel entre les lésions kystiques (CL) et les lésions granulomateuses (GL) a été tenté.

6 cas prévus pour une chirurgie endodontique ont été diagnostiqués en préopératoire comme des kystes, l'échographie montrant une lésion hypoéchogène avec absence de vascularisation interne et périphérique, et 15 lésions ont été diagnostiquées comme des granulomes, montrant un signal Doppler interne à l'intérieur d'un contenu échogène.

Les pièces opératoires ont été traités et analysés histo-pathologiquement, et le diagnostic des kystes a été confirmé.[85]

La 10ème étude de Gad et Al 2017; 32 patients ont été examinés à l'aide d'une échographie. Le CBCT et l'analyse histopathologique ont été utilisées pour confirmer les résultats. Parmi ces 32 cas, 10 lésions ont été diagnostiquées comme des granulomes et 13 comme des kystes. Le CBCT et l'histopathologie ont confirmés ces résultats.[38]



**Figure 61: Radiographie panoramique (A), tomographie axiale (B) et échographie dentaire transfaciale (C) d'un homme de 27 ans qui présentait une radio transparence kystique de la ligne médiane de la mandibule sur la radiographie panoramique (A) en position péri apicale par rapport aux incisives inférieures, dont les apex radiculaires (flèches noires en A et B) se trouvaient au niveau du bord supérieur de l'altération kystique. L'échographie dentaire transfaciale (C) montre la lésion kystique et révèle une érosion focale de la corticale buccale élargie (flèches ouvertes en B et C). Il était difficile d'identifier l'emplacement des apex radiculaires par rapport au kyste ; cependant, les 4 faisceaux vasculaires des incisives inférieures (flèches longues et courtes en C) étaient clairement visibles à l'intérieur du kyste, confirmant sa localisation péri apicale. Un kyste radiculaire post-traumatique a été diagnostiqué, étayé par un test de vitalité dentaire ainsi que par des antécédents de traumatisme à distance dans la zone de la lésion radiographique.**

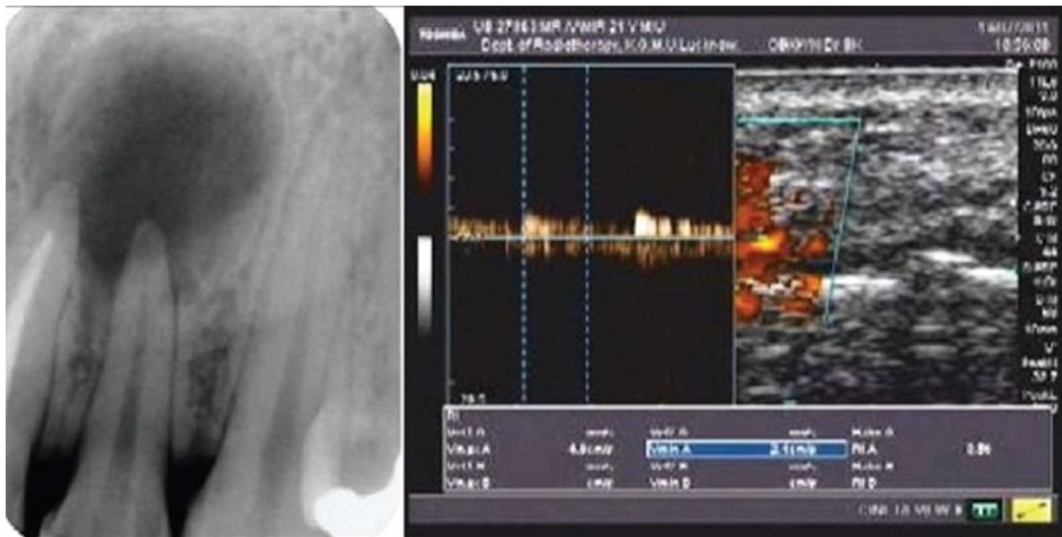
doi:10.1002/jum.14374

La 11<sup>ème</sup> étude de Ferreira et Al 2016; dans cette étude les régions des cryptes osseuses des troisièmes molaires ont été examinées des deux côtés.

La possibilité d'examiner le contenu de la lésion est certes l'un des avantages offerts par l'échographie, tant pour l'examen des tissus mous que pour celui des tissus durs.[86]

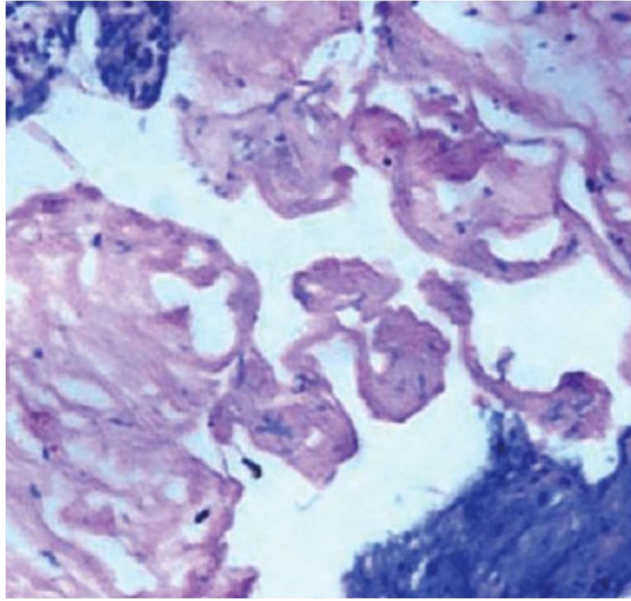
La 12<sup>ème</sup> de Tikku et Al 2016 ; Le groupe d'étude comprenait 30 patients présentant des lésions péri apicales d'origine endodontique au maxillaire et à la mandibule nécessitant une chirurgie endodontique. Après un examen clinique et radiographique approfondi, les patients ont été soumis à une échographie.

Sur les 30 sujets, 3 sujets ont été diagnostiqués par échographie et examen Doppler couleur comme ayant une lésion kystique, 20 sujets comme ayant une lésion granulomateuse et 7 sujets se sont avérés n'avoir aucune lésion malgré la lésion radio transparente bien définie présente sur la radiographie. L'examen histopathologique a confirmé le diagnostic de toutes les lésions kystiques et granulomateuses diagnostiquées par échographie. Cependant, les 7 sujets chez lesquels aucune lésion n'a été détectée par échographie, une pathologie granulomateuse certaine a été détectée, montrant une association avec l'épaisseur osseuse et la détection de présence de lésion.[87]



**Figure 62: Radiographie montrant une lésion radioclaire bien définie et une lésion kystique hypoéchogène observée à l'échographie**

<https://doi.org/10.4103%2F0972-0707.178694>



**Figure 63** Caractéristiques histopathologiques évoquant un kyste péri apical

<https://doi.org/10.4103%2F0972-0707.178694>

Type of lesions	Ultrasonography	Histologic examination
Cystic	3	3
Granuloma	20	27
No lesion	7	0
Total	30	30

**Figure 64:** Corrélation entre l'échographie et les caractéristiques histopathologiques

<https://doi.org/10.4103%2F0972-0707.178694>

La 13<sup>ème</sup> étude de Kumar et Khambete 2015 ; portée sur 10 patients présentant des lésions péri apicales sur des dents antérieures maxillaires ou mandibulaires. les résultats de l'échographie et de l'examen histopathologique sont totalement identiques, sur les 10 patients atteints d'une LIPOE, 4 sont des kystes péri apicaux ; 4 des granulomes péri apicaux et 2 sont des lésions mixtes.[88]

La 14<sup>ème</sup> étude de Sandhu 2015; 30 patients présentant des lésions péri apicales ont été diagnostiqués dans la région antérieure à l'aide de la radiographie conventionnelle et numérique, après ils ont été examinés à l'aide de l'échographie puis un diagnostic différentiel entre kyste, granulome et lésions mixtes a été posé.

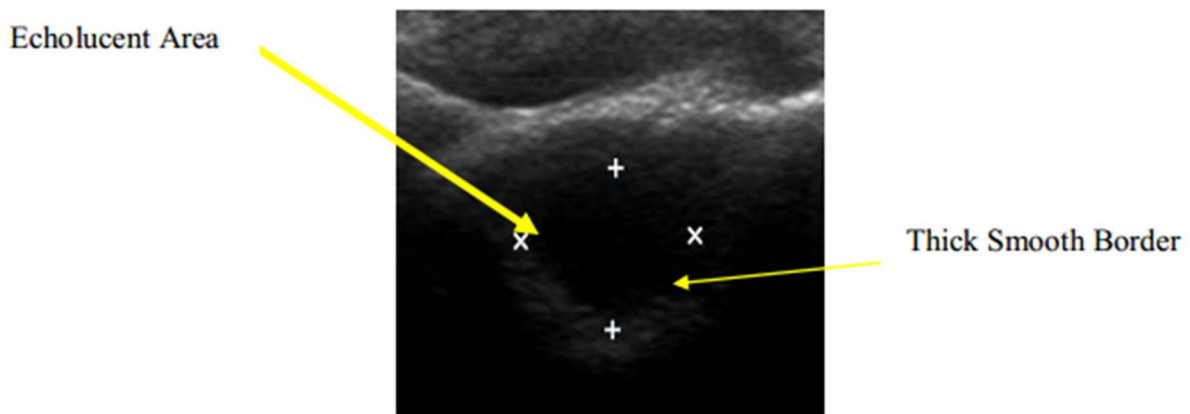
Pour la radiographie conventionnelle et la radiographie numérique, les résultats étaient les mêmes, 25 granulomes et 5 kystes. Pour l'échographie 16 lésions ont été diagnostiquées comme des granulomes et 14 comme des lésions mixtes.

Après avoir corrélé l'échographie et le rapport histopathologique, les résultats étaient significatifs.[89]

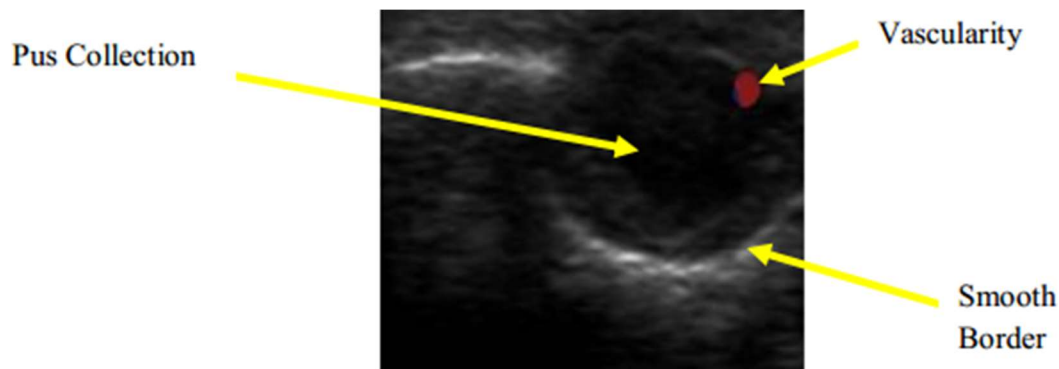
La 15<sup>ème</sup> étude de Shahrazad Saeed et Al 2014 ; 26 patients présentant des lésions périapicales sur des dents antérieures et des prémolaires maxillaires et mandibulaires ont été inclus dans cette étude. Après l'examen échographique, les patients ont subi un traitement chirurgical. La corrélation entre l'échographie des lésions et les résultats histologiques a été étudiée.

Les lésions ont été classées en quatre groupes : granulome, kyste, abcès et abcès de phénix : 6 cas ont montré une zone anéchogène bien définie avec des parois osseuses renforcées et l'échographie Doppler couleur ne montre pas de vascularisation interne, ces lésions ont été diagnostiquées comme des kystes. 9 cas ont montré une zone hypoéchogène mal définie avec une vascularisation en écho-Doppler, ces lésions indiquent un granulome.

Les résultats de l'examen histopathologique ont confirmé les observations échographiques.[90]



**Figure 65: Mise en évidence d'un kyste radiculaire**



**Figure 66: Image échographique d'un granulome péri apical**

<https://www.researchgate.net/publication/333507971>

La 16<sup>ème</sup> étude de Arora et Al 2014; 30 patients présentant des lésions péri apicales sur des dents antérieures ont été sélectionnés et ont donné leur accord pour une échographie et un examen Doppler couleur. Les résultats de l'échographie et de l'histopathologie ont fait l'objet d'une évaluation statistique. parmi les 30 cas, l'échographie et le Doppler couleur ont montré la présence de lésions péri apicales dans 27 cas, 5 lésions ont été diagnostiquées par l'échographie comme des kystes péri apicaux non infectés, l'histopathologie était également en corrélation avec le diagnostic de l'échographie, 15 cas ont été diagnostiqués comme des kystes péri apicaux infectés par l'échographie et ont été confirmés ultérieurement par l'histopathologie, 7 cas ont été diagnostiqués comme des granulomes péri apicaux, l'histopathologie a confirmé les observations de l'échographie . Les 3 autres cas ne présentaient aucune lésion péri apicale à l'échographie, mais se sont révélés être des granulomes péri apicaux à l'histopathologie.[91]

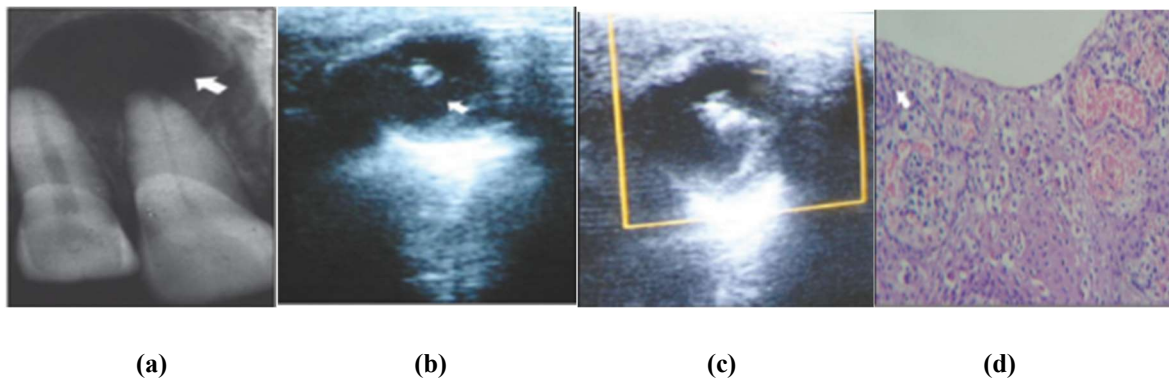
La 17<sup>ème</sup> étude de Parvathy et Al 2014 ; 20 patients présentant des lésions péri apicales d'origine endodontique et dont la chirurgie endodontique était déjà programmée ont fait l'objet d'un examen échographique, les images ont été analysées et discutées, une chirurgie endodontique et un examen histopathologique ont été réalisés pour chaque cas et les résultats ont été comparés.

L'examen échographique a révélé la présence de 11 lésions aux contours bien définis avec un contenu hypoéchogène/anéchoïque sans vascularisation interne au Doppler couleur. Ces lésions ont été diagnostiquées comme des kystes péri apicaux.

9 lésions présentaient un contenu hyperéchogène ou mixte (zones hyperéchogènes et hypoéchogènes) et des contours mal définis avec une vascularisation interne à l'examen Doppler couleur. Ces cas ont été diagnostiqués comme des granulomes péri apicaux.

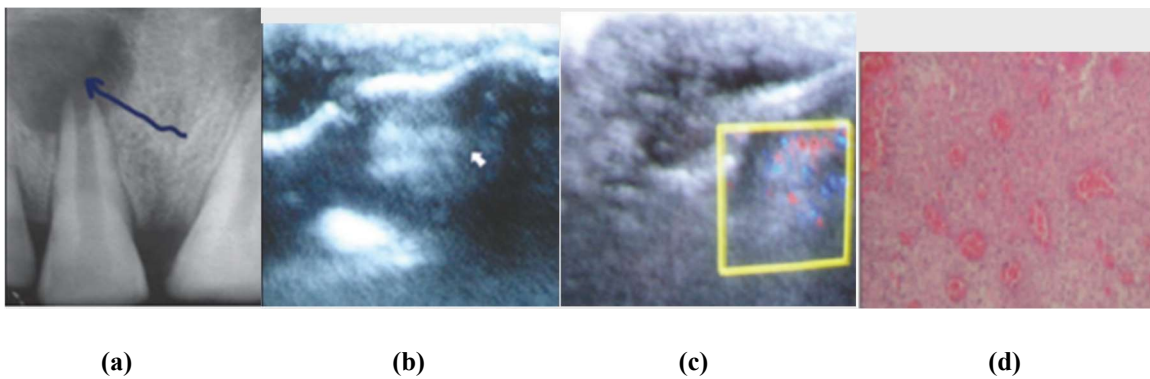


L'examen histo-pathologique a confirmé les résultats échographiques.[92]



**Figure 67: a) Radiographie péri apicale intrabuccale montrant une radio transparence bien définie (flèche) en relation avec 11,12. b) Image échographique montrant une lésion transsonique (flèche) avec des contours bien définis et renforcés suggérant un kyste péri apical. c) Aucun signe de vascularisation interne à l'examen Doppler couleur. d) Photomicrographie de la lésion montrant une cavité kystique tapissée par de l'épithélium en arcade, diagnostiquée histo-pathologiquement comme un kyste péri apical**

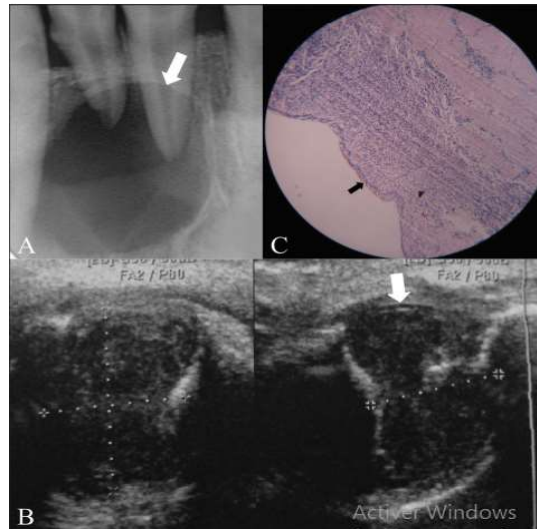
<https://doi.org/10.4103/0970-9290.131124>



**Figure 68a) Radiographie péri apicale intrabuccale montrant une radio transparence bien définie (flèche) par rapport à la 11. b) Image échographique montrant une lésion hyperéchogène (flèche) aux contours mal définis évoquant un granulome péri apical. c) Preuve de vascularisation interne à l'examen Doppler couleur. d) Photomicrographie de la lésion montrant du tissu conjonctif avec des zones étendues de cellules inflammatoires et des vaisseaux sanguins nouvellement formés, diagnostiquée histopathologiquement comme un granulome péri apical**

<https://doi.org/10.4103/0970-9290.131124>

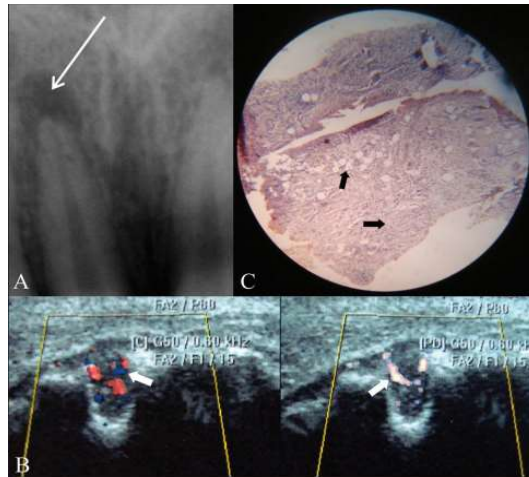
La 18<sup>ème</sup> étude de Goel et Al 2012 ; 30 patients présentant des LIPOE sur les dents antérieures maxillaires et mandibulaires ont été inclus dans cette étude. L'échographie a permis d'identifier avec précision 29 (19 kystes et 10 granulomes) des 30 lésions péri apicales, avec une sensibilité de 100 % pour les kystes et de 90,91 % pour les granulomes, et une spécificité de 90,91 % pour les kystes et de 100 % pour les granulomes. Il y avait une corrélation nette entre l'écho-structure des lésions et les caractéristiques histo-pathologiques, sauf dans un cas.[93]



**Figure 69: Kyste péri apical. La radiographie péri apicale intrabuccale (A) montre une lésion péri apicale radio transparente bien circonscrite (flèche), mesurant plus de 1 cm de diamètre. L'USG avec Doppler couleur et Doppler puissance (B) montre une cavité hypoéchoïque, sans signe de vascularisation interne. La coupe colorée (C) montre la présence d'un revêtement épithélial (flèche) avec un tissu conjonctif dense sous-jacent (pointe de flèche).**

Doi : 10.4103/0971-3026.90688





**Figure 70: Granulome péri apical. Radiographie péri apicale intrabuccale (A) montre une lésion péri apicale radio transparente bien circonscrite (flèche), mesurant moins de 1 cm. USG avec Doppler couleur et Doppler puissance montre une lésion hypoéchogène mal définie (flèche) présentant une riche vascularisation. La coupe colorée (C) montre un stroma fibrocellulaire (flèche) constitué d'un infiltrat de cellules inflammatoires chroniques (principalement des lymphocytes et des plasmocytes) et des capillaires sanguins bordés d'endothélium avec des globules rouges**

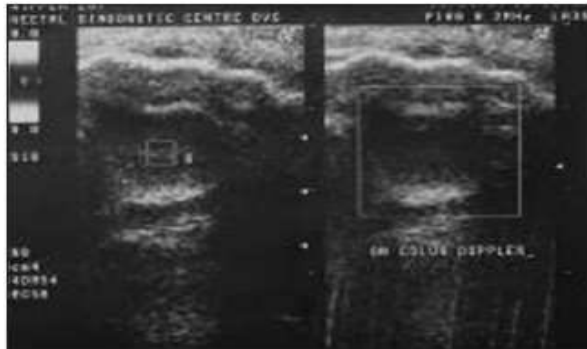
Doi : 10.4103/0971-3026.90688

La 19<sup>ème</sup> étude de Prince et Al 2012 ; portée sur 15 sujets avec LIPO, à l'échographie 12 lésions ont été diagnostiquées comme des kystes péri apicaux et 2 comme granulomes péri apicaux. A l'examen histopathologique 14 sont des kystes péri apicaux et 1 granulome péri apical.[94]



**Figure 71 : Echographie montrant une lésion hypoéchogène bien définie avec une vascularisation**

doi:10.1016/j.ejrad.2011.04.065



**Figure 72 : Echographie montrant une lésion anéchogène bien définie.**

doi:10.1016/j.ejrad.2011.04.065

La 20<sup>ème</sup> de Pallagatti et Al 2012 ; L'étude a été menée sur 45 patients présentant des tuméfactions maxillo-faciales. Les diagnostics clinique, radiographique et échographique ont été établis et comparés au diagnostic histopathologique.

Les résultats montrent que l'association entre le diagnostic radiographique et l'échographie est de 92 % pour les kystes, 83 % pour les abcès et les infections, 72 % pour les tumeurs bénignes et 82 % pour les tumeurs malignes.

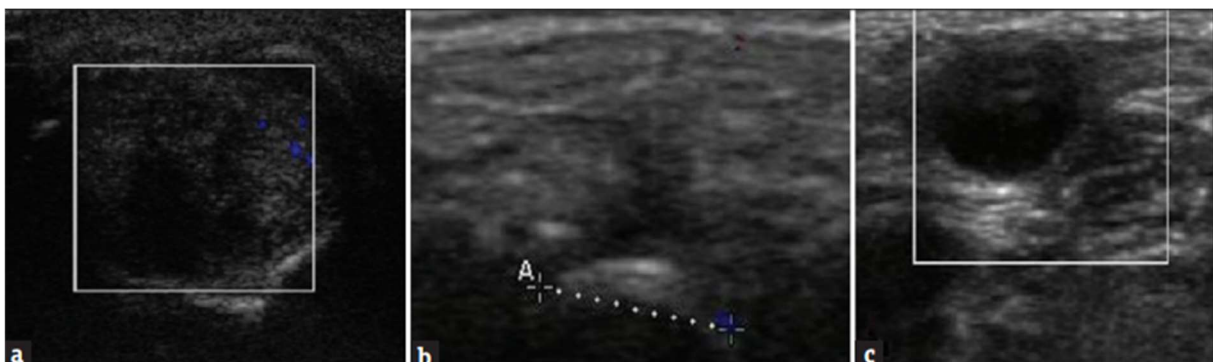
La précision de l'échographie et de la radiographie dans le diagnostic des tuméfactions maxillo-faciales était respectivement de 88,9 % et 73,3 % par rapport au diagnostic histopathologique.[95]

## 1.2. Discussions :

L'endodontie s'appuie traditionnellement sur la radiographie en préopératoire, peropératoire et en postopératoire, et le patient peut souvent être exposé à des radiations répétées d'un seul site. Une modalité d'imagerie précise et fiable est indispensable à l'évaluation clinique de la pathologie péri apicale en termes de diagnostic et de sélection de l'approche thérapeutique. Pendant l'imagerie, il est important de maintenir le confort du patient et de minimiser la douleur et le stress psychologique.

Différents types d'imagerie en combinaison avec l'examen clinique et l'anamnèse, sont les principaux outils utilisés dans l'évaluation diagnostique des kystes et granulomes péri apicaux. Alors que l'histopathologie est l'examen de choix pour l'évaluation de la pathologie péri apicale et dans la majorité des cas cliniques l'obtention d'un échantillon de biopsie est difficile.

Aujourd'hui, l'imagerie ultrasonore « Echographie » est largement utilisée dans de nombreux domaines diagnostiques de la médecine. Elle est basée sur le phénomène de réflexion des ondes ultrasonores (échos) à l'interface entre deux tissus qui ont des propriétés acoustiques différentes. Une interface ou une zone de tissu qui provoque une réflexion considérable des ultrasons est qualifiée d'hyperéchogène, tandis qu'une zone qui présente une intensité d'écho inférieure à celle des tissus environnants est qualifiée d'hypoéchogène ou de transsonique. Une zone anéchogène est une zone où il n'y a pas de réflexion des échos, généralement dans des liquides homogènes. En dentisterie, elle est essentielle pour l'examen des tissus mous maxillo-faciaux et en endodontie pour la détection d'un processus inflammatoire intra osseux d'origine endodontique tel qu'un granulome ou un kyste péri apical.



**Figure 73: Échographies (a) hypoéchogènes, (b) hyperéchogènes, (c) anéchogènes**

DOI:10.4103/njs.NJS\_38\_17

Les diverses études ont montré que l'imagerie par ultrasons fournit suffisamment d'informations sur la nature des lésions péri apicales et constitue une technique de diagnostic fiable pour différencier les lésions péri apicales, c'est-à-dire les kystes et les granulomes péri apicaux, en basant sur l'écho-structure de leur contenu et de la présence d'une vascularisation à l'aide du Doppler couleur puissance.

Tout d'abord, Khaled Gad et Sandhu ont comparé l'efficacité des techniques d'échographie, des radiographies conventionnelles et du CBCT dans le diagnostic des lésions péri apicales. Généralement, l'identification de ces lésions est basée sur l'examen histopathologique et la chirurgie est une nécessité pour les lésions qui persistent même après le traitement endodontique. La radiographie conventionnelle n'a pas permis d'identifier la nature des lésions, tandis que le diagnostic du kyste a été approuvé par l'échographie.

Das et Adhikari ont rapporté des résultats positifs et très fiables concernant le rôle de l'USG dans le diagnostic différentiel des granulomes apicaux et des kystes péri apicaux. Ils ont étudié l'efficacité de la radiographie conventionnelle, du CBCT et de l'échographie dans le diagnostic des lésions présentant des images radio claires péri apicales. La lésion a été soumise à un examen USG à l'aide d'un appareil E-CUBE 8® (Alpinion Medical Systems, Corée) équipé d'une sonde USG linéaire, multifréquence (7,5-10 MHz) et endo cavitaire (fréquence : 3-10 MHz), Un radiologue expérimenté a obtenu des scans transversaux et longitudinaux en plaçant la sonde en position extraorale au-dessus de la zone apicale des dents affectées. Le Doppler couleur (CD) a ensuite été appliqué pour évaluer la vascularisation de la lésion. Ils ont montré que les radiographies conventionnelles fournissent des informations diagnostiques mais peuvent ne pas être suffisantes pour diagnostiquer les lésions péri apicales, ainsi, les mesures dimensionnelles étaient effectuées de la manière la plus précise avec le CBCT, cependant, le CBCT ne doit pas être utilisé de façon routinière pour le diagnostic des lésions péri apicales mais seulement lorsque les autres techniques ne donnent pas d'informations diagnostiques adéquates.

Sur la base des examens histopathologiques, ils ont indiqué également que l'échographie est un outil pratique, reproductible et relativement abordable. Sa capacité de production d'images en temps réel permet de fournir instantanément un diagnostic précis, et sans radiations inutiles, permettant ainsi la planification d'un traitement correct et réduisant l'incidence accrue d'échecs de traitement endodontique, associés à des diagnostics posés par les radiographies conventionnelles et le CBCT qui sont couramment utilisées. Dans cette étude,

la précision de l'échographie pour le diagnostic des kystes était de 82,85 % et 88,57 % pour les granulomes, ce qui concorde avec les études d'Arslan et Pallagatti qui ont trouvé une précision diagnostic pour les kystes de 86% et 88,9 %, respectivement.

Diagnostic validity of the three modalities for different lesions

Lesion type	Diagnostic modality						
	IOPA R		CBCT		USG		
	Cyst (%)	Granuloma (%)	Cyst (%)	Granuloma (%)	Cyst (%)	Granuloma (%)	Mixed lesion/abscess (%)
Sensitivity	73.91	22.20	91.30	22.20	100	55.50	33.30
Specificity	41.67	65.38	25.00	88.46	50	100	100
Diagnostic accuracy	62.86	54.28	68.57	71.43	82.85	88.57	94.28

**Figure 74: Résultats de la comparaison entre les valeurs de sensibilité, de spécificité et de précision diagnostique des trois techniques radiographiques (IOPA R : radiographie péri apicale intrabuccale, CBCT, USG : échographie)**

Doi: 10.4103/jcd.jcd\_254\_21

Ainsi, Shahrazad Saeed et Al ont évalué le potentiel de l'imagerie ultrasonore et de l'échographie Doppler couleur pour décrire les différents contenus des lésions péri apicales et leur vascularisation, ils ont démontré que le kyste radiculaire apparaît comme une zone anéchogène sans vascularisation interne au Doppler couleur. Cette étude a établi que le diagnostic de kyste en cas de présence d'une cavité partiellement ou complètement tapissée d'épithélium ; si la lésion est constituée de tissu de granulation avec prolifération épithéliale, mais sans cavités, le diagnostic de granulome était posé.

Elle a également montrée que le pourcentage de précision diagnostique pour le kyste radiculaire par rapport au résultat histopathologique était de 96%, 92% pour l'abcès, et de 80% pour le granulome ce qui peut s'expliquer par le fait que le granulome apparaît comme une lésion hypoéchogène mal définie et parfois mal diagnostiquée en raison de sa petite taille, mais les résultats ont montré que le diagnostic de granulome péri apical était cohérent avec le rapport de biopsie. Ces résultats ont confirmées ce que l'étude de V Parvathy a démontré concernant les lésions, l'examen histopathologique des lésions qui présentaient des contours bien définis, un contenu hypoéchogène/anéchogène et aucun signe de vascularisation interne au Doppler couleur a révélé la présence d'une cavité tapissée par un épithélium pavimenteux

stratifié, sa lumière était remplie de fluides et de débris cellulaires. D'un point de vue histopathologique, ces lésions ont été diagnostiquées comme des kystes péri apicaux. Alors que l'examen histopathologique des lésions qui présentaient un contenu hyperéchogène ou mixte (des zones hyperéchogènes et hypoéchogènes) avec des limites mal définies et une riche vascularisation interne à l'examen Doppler couleur a mis en évidence un tissu granulomateux enflammé, entremêlé de neutrophiles, de plasmocytes et d'histiocytes, avec des zones d'infiltration de globules rouges et une pigmentation d'hémosidérine (une coloration anormale des tissus, dont l'origine est sanguine). D'un point de vue histopathologique, ces lésions ont été diagnostiquées comme des granulomes péri apicaux. Il y'avait une forte corrélation entre les résultats échographiques et les résultats histopathologiques des lésions péri apicales.

Certaines études ont montré que l'examen ultrasonique est limité aux régions antérieures des maxillaires car les sondes actuellement disponibles ne sont pas idéales pour l'utilisation dans les régions postérieures des maxillaires dans les zones où la corticale osseuse est épaisse, des recherches supplémentaires sont donc nécessaires pour développer des sondes USG intra-orales spécialisées capables de diagnostiquer une lésion avec précision, quelle que soit l'épaisseur de l'os sus-jacente.

Bayrakdar et Ferreira ont souligné que dans les lésions intra-osseuses profondes où la plaque corticale sus-jacente était plus épaisse ou non perforée, l'échographie a pu donner un résultat inexact ou moins précis donc l'os cortical devait être suffisamment mince pour permettre le passage des ondes ultrasoniques, ils ont confirmé les résultats de Tikku et Al qui ont rapporté dans leur étude que tous les cas dont l'épaisseur de l'os cortical était inférieure à 1,6 mm ont été diagnostiqués comme présentant une lésion, alors que parmi ceux dont l'épaisseur de l'os était  $\geq 1,6$  mm, seuls 65 % se sont avérés présenter une lésion ; ce qui montre une association significative entre l'épaisseur de l'os et la lésion, ce qui est statistiquement significatif.

Les deux études menées par Khambete et Prince ont montré la difficulté d'attribuer les lésions à une zone osseuse spécifique car les repères dentaires (c'est-à-dire les racines) n'ont pas été spécifiquement visualisés. Il était donc difficile d'orienter la lésion dans les différentes régions des maxillaires sans utiliser une radiographie de référence. Prince a évalué également la capacité de l'échographie ainsi que l'application du Doppler couleur dans l'identification et le diagnostic différentiel des lésions péri apicales. L'examen histopathologique a révélé 14 kystes péri apicaux, l'un des kystes péri apicaux a été diagnostiqué par l'échographie comme

un granulome péri apical. Cette erreur d'interprétation était due au contenu de la lésion qui présentait une densité élevée équivalente à une lésion solide bien qu'il n'y ait pas d'apport vasculaire à l'examen doppler couleur.

# CONCLUSION



## **Conclusion :**

Une évaluation précise de la pathologie péri apicale est d'une importance primordiale pour permettre au clinicien de fournir une intervention dentaire immédiate et appropriée.

A travers ces études on peut conclure que l'échographie est une technique de diagnostic fiable exempte de rayonnement ionisant, non invasive et de faible coût qui fournit des images rapides en temps réel ce qui permet de poser un diagnostic sans délai \*vers\*.

L'avantage principal de cette modalité d'imagerie alternative est d'établir un diagnostic différentiel entre une lésion kystique péri apicale et une lésion granulomateuse péri apicale en donnant des informations sur la nature du contenu des lésions, et la présence ou l'absence de vascularisation à l'aide du Doppler couleur puissance.

Cependant cette technique présente quelques limites telle que la dépendance du praticien car les dentistes ne sont pas formés à la lecture de ces images et cela nécessite une formation d'apprentissage ; mais les images obtenues sont faciles à lire une fois que l'observateur est entraîné, aussi la difficulté d'utilisation dans la région postérieure de la bouche car les appareils à ultrasons n'ont pas de sondes spécialement conçues pour une utilisation intra-orale donc l'accessibilité est difficile avec la conception actuelle de la sonde, la limite majeure de cette technique c'est la nécessité d'une corticale fine pour que les ondes ultrasonores puissent pénétrer et diagnostiquer les lésion péri apicales.

L'échographie peut être considérée comme une meilleure modalité d'imagerie avec une efficacité accrue dans le diagnostic des lésions péri apicales par rapport à la radiographie conventionnelle et le CBCT ce qui était confirmé par les examens histopathologiques.

L'échographie est un examen facile ; reproductible et pratique à utiliser qui vient s'ajouter aux autres types d'examen et complète l'arsenal diagnostique et thérapeutique du praticien.

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

### Références bibliographiques :

- [1] Detour J. Exploration et surveillance des LIPOE: apport de l'échographie 2022.
- [2] Sönmez G, Kamburoğlu K, Yılmaz F, Koç C, Barış E, Tüzüner A. Versatility of high resolution ultrasonography in the assessment of granulomas and radicular cysts: a comparative in vivo study. *Dentomaxillofacial Radiol* 2019;48:20190082. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190082>.
- [3] Jaswal S, Patil N, Singh MP, Dadarwal A, Sharma V, Sharma AK. A Comparative Evaluation of Digital Radiography and Ultrasound Imaging to Detect Periapical Lesions in the Oral Cavity. *Cureus* 2022. <https://doi.org/10.7759/cureus.30070>.
- [4] Torabinejad M, Rubinstein R, editors. *The art and science of contemporary surgical endodontics*. Berlin ; Chicago: Quintessence Publishing Co Inc; 2017.
- [5] Garg N, Garg A, Nekoofar MH. *Textbook of endodontics*. Fourth edition. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2019.
- [6] Choix de La Limite Apicale Et de La Longueur de Travail 2010.pdf n.d.
- [7] Piette E, Goldberg M. *La dent: normale et pathologique*. Bruxelles [Paris]: De Boeck université; 2001.
- [8] Coulthard P, Heasman PA, Berkovitz BKB. *Master dentistry*. 3rd ed. Edinburgh: Elsevier; 2011.
- [9] Baradji F. La cicatrisation apicale des LIPOE après traitement endodontique initial: les facteurs en jeu n.d.
- [10] Rotstein I, Ingle JI, editors. *Ingle's endodontics 7*. 50th anniversary edition. 7th edition. Raleigh, North Carolina: PMPH USA; 2019.
- [11] Vienne PFM. *Prise en charge des parodontites apicales aiguës en urgence: description des pratiques professionnelles au sein des chirurgiens-dentistes de Nouvelle-Aquitaine* n.d.
- [12] Kanipakam Y, Kulandairaj PL. Radicular Cyst (Periapical Cyst): A Case Report. *J Sci Dent* 2019;9:43–5. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10083-0908>.
- [13] Hakkou F, Chbicheb S, Achour I, El Wady W. Kystes inflammatoires des maxillaires : mise au point. *Actual Odonto-Stomatol* 2012;301–11. <https://doi.org/10.1051/aos/2012402>.
- [14] SCDPHA\_TD\_2000\_HUMBERT\_GERALDINE comparaison.pdf n.d.
- [15] BUPHA\_TD\_2015\_BAUDET\_ALEXANDRE.pdf n.d.
- [16] APPORT\_DE\_LA\_RADIOGRAPHIE\_DENTAIRE\_EN\_CHIRURGIE\_BUCCALE.pdf n.d.
- [17] D0012018.pdf n.d.
- [18] Ilan Rotstein, John I. Ingle - *Ingle's Endodontics* (2019, PMPH USA) - libgen.li.pdf n.d.
- [19] Patel S, Harvey S, Shemesh H, Durack C. *Cone Beam Computed Tomography in Endodontics*. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2016.
- [20] Mahmoud Torabinejad\_ Ashraf Fouad\_ Shahrkh Shabahang - *Endodontics E-Book\_ Principles and Practice* (2020, Elsevier Health Sciences) - libgen.li.pdf n.d.

## Références bibliographiques

- [21] V. Gopikrishna - Grossman's Endodontic Practice (2020, Wolters Kluwer India) - libgen.li.pdf n.d.
- [22] Legmann P, Bonnin-Fayet P. Guide d'échographie. 5e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2017.
- [23] Histoire de l'échographie 2015.
- [24] Wikipédia ; l'encyclopédie libre n.d.
- [25] Guy PALLARDY. Echographie médicale n.d.
- [26] LECHEHEB FZ. ECHOGRAPHIE-PRINCIPE ET APPLICATIONS ; cours 3 ème année radiologie 2019.
- [27] Larousse Médical n.d.
- [28] Anaïs BADOUAL, Fanny GUERRE, Manelle MERAD et Lucie PILOT. Cahier de cours et de TP sur l'échographie réalisé par le groupe 3 Tuteur : V. SCHUH – Université de Strasbourg. n.d.
- [29] Ultrasons et Echographie – Chapitre III PDF, n.d.
- [30] Collège des enseignants de radiologie de France, Collège national des enseignants de biophysique et de médecine nucléaire, editors. Imagerie médicale: radiologie et médecine nucléaire. 3e éd. mise à jour. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2022.
- [31] L'échographie n.d.
- [32] Cibois-Honorat I, Munnera R. Échographie en médecine générale. 3e éd. Montpellier: Sauramps médical; 2023.
- [33] L'échographie Doppler : Observation non-invasive des flux sanguins n.d.
- [34] Les avantages de l'échographie « point of care n.d.
- [35] Serge Duperret. USAGE DE L'ECHOGRAPHIE AUX URGENCES 2005.
- [36] Patil S, Alkahtani A, Bhandi S, Mashyakhy M, Alvarez M, Alroomy R, et al. Ultrasound Imaging versus Radiographs in Differentiating Periapical Lesions: A Systematic Review. *Diagnostics* 2021;11:1208. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11071208>.
- [37] Rama Mohan K, Koteswara Rao N, Leela Krishna G, Santosh Kumar V, Ranganath N, Vijaya Lakshmi U. Role of Ultrasonography in Oral and Maxillofacial Surgery: A Review of Literature. *J Maxillofac Oral Surg* 2015;14:162–70. <https://doi.org/10.1007/s12663-014-0616-x>.
- [38] Gad K, Ellabban M, Sciubba J. Utility of Transfacial Dental Ultrasonography in Evaluation of Cystic Jaw Lesions: Transfacial Dental Ultrasonography of Cystic Jaw Lesions. *J Ultrasound Med* 2018;37:635–44. <https://doi.org/10.1002/jum.14374>.
- [39] Cotti E, Campisi G, Garau V, Puddu G. A new technique for the study of periapical bone lesions: ultrasound real time imaging. *Int Endod J* 2002;35:148–52. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00458.x>.
- [40] Cotti E, Campisi G, Ambu R, Dettori C. Ultrasound real-time imaging in the differential diagnosis of periapical lesions: Echography in endodontics. *Int Endod J* 2003;36:556–63. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00690.x>.

## Références bibliographiques

- [41] Natanasabapathy V, Arul B, Mishra A, Varghese A, Padmanaban S, Elango S, et al. Ultrasound imaging for the differential diagnosis of periapical lesions of endodontic origin in comparison with histopathology – a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2021;54:693–711. <https://doi.org/10.1111/iej.13465>.
- [42] Raghav N, Reddy SS, Giridhar AG, Murthy S, Yashodha Devi BK, Santana N, et al. Comparison of the efficacy of conventional radiography, digital radiography, and ultrasound in diagnosing periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* 2010;110:379–85. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.04.039>.
- [43] Snigdho Das. Echoes in Endodontics: a Comprehensive Review of Applications of Ultrasonography in Endodontics. *J West Bengal Univ Health Sci* 2021.
- [44] Endodontie Principes et pratique.pdf n.d.
- [45] endodontie\_simon\_2.pdf n.d.
- [46] La chirurgie endodontique ts.pdf n.d.
- [47] Khayat B MJ-C. Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale *INFORMATION DENTAIRE* ;88(26):1523 2006.
- [48] ER. E. Principles of endodontic surgery. Elsevier Ltd. 2012.
- [49] CAMUS j-p. Endodontie Chirurgicale.pdf n.d.
- [50] LAURENT C. la microchirurgie endodontique.pdf.these pour diplome d'état de docteur en chirurgie dentaire, n.d., p. 87 pages de 22 à 5.
- [51] Simon S MP, Pertot W. Simon S, Machtou P, Pertot W. Endodontie-Editions Cdp: Initiatives Sante. 2015.
- [52] microchip apical par sonoabrasion et retroobturation au MTA.pdf n.d.
- [53] MONVILLE.pdf n.d.
- [54] La Chirurgie endodontique (1).pdf n.d.
- [55] Rerhrhaye M, Abdellaoui L, Bouziane A, Ennibi O. Le bilan biologique en odontostomatologie : intérêt et interprétation. *Actualités Odonto-Stomatologiques*. 2010.
- [56] Gopikrishna V. Grossman's Endodontic Practice-Wolters Kluwer India Pvt Ltd .pdf. 2020.
- [57] Bjørndal L KL-L, Whitworth J. Bjørndal L, Kirkevang L-L, Whitworth J. Textbook of endodontology: John Wiley & Sons ., 2018.
- [58] Kim S KS, Karabucak B, Kohli M, F S. Microsurgery in Endodontics: Wiley. 2018.
- [59] V C. La chirurgie apicale : les données acquises de la science. 2013.
- [60] M L. L M. La chirurgie endodontique : protocole opératoire et comparaison des matériaux d'obturation. 2016.
- [61] V. Gopikrishna\_ Louis Irwin Grossman\_ B Suresh Chandra -. Grossman's endodontic practice.- Wolters Kluwer (India) .pdf 2014.
- [62] Dag Orstavik. Essential Endodontology\_ Prevention and Treatment of Apical Periodontitis- Wiley-Blackwell pdf. 2019.

## Références bibliographiques

- [63] Lars Bjørndal, Lise-Lotte Kirkevang, John Whitworth. Textbook of Endodontology.pdf 2018.
- [64] Drukteinis S, Camilleri J, editor. Bioceramic Materials in Clinical Endodontics - libgen.li.pdf. 2021.
- [65] Ananad S SE, Raju A, Swathi A. Ananad S, Soujanya E, Raju A, Swathi A. Endodontic microsurgery: An overview. Dentistry and Medical Research. 2015.
- [66] Retzepi M DN. Retzepi M, Donos NJCOIR. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. 2010.
- [67] Bun San Chong BDS (Lond) ML PL, LDS RCS (Eng), FDS RCS (Eng), MFGDP (UK),. Bun San Chong BDS (Lond) ML, PhD (Lond), LDS RCS (Eng), FDS RCS (Eng), MFGDP (UK). MRD Harty's endodontics in clinical practice Sixth edition. sixth ed: Elsevier 2010.
- [68] Waddington RJ SA. Waddington RJ, Sloan AJ. Tissue Engineering and Regeneration in Dentistry: Current. n.d.
- [69] Taschieri S DFM, Testori T, Weinstein RJJoo, surgery m. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein RJJoo, surgery m. Efficacy of xenogeneic bone grafting with guided tissue regeneration in the management of bone defects after surgical endodontics. 2007.
- [70] Colat-Parros J JF-n. Colat-Parros J, Jordana FJSFdBdhuu-nfoecshcp. Les substituts osseux. 2009.
- [71] Uppada UK, et al. Uppada, U.K., et al. Combination of hydroxyapatite, platelet rich fibrin and amnion membrane as a novel therapeutic option in regenerative periapical endodontic surgery: Case series. Int J Surg Case Rep. 2017.
- [72] Angerame D, et al. Angerame, D., et al. Application of platelet-rich fibrin in endodontic surgery: a pilot study. Giornale Italiano di Endodonzia. 2015.
- [73] D. O. Orstavik D. Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis: John Wiley & Sons. 2020.
- [74] EM M. Merino EM. Endodontic microsurgery: Quintessence London. 2009.
- [75] Gaudy J-F BC, Lazaroo B, Tilotta F. Gaudy J-F, Bilweis C, Lazaroo B, Tilotta F. Incisions et sutures: Wolters Kluwer France. 2007.
- [76] Hargreaves KM CS, Berman LH. Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp: Mosby Elsevier . 2011.
- [77] Seigneuric F. SJ-B. Seigneuric F., Seigneuric J.-B. Avulsion des dents incluses : troisièmes molaires. EMC (Elsevier Masson SAS) . n.d.
- [78] Nasirzade J KZ, Hasannia S, Strauss FJ, Gruber RJJop. Nasirzade J, Kargarpour Z, Hasannia S, Strauss FJ, Gruber RJJop. Platelet-rich fibrin elicits an anti-inflammatory response in macrophages in vitro. 2019.
- [79] Avcı F, Etöz M, Üstün Y, Arslan T. Evaluation of ultrasonography as a diagnostic tool in the management of periapical cysts and granulomas: A clinical study. Imaging Sci Dent 2022;52:209. <https://doi.org/10.5624/isd.20210239>.

## Références bibliographiques

- [80] Das S, Adhikari H. Reliability of Ultrasonography in differentially diagnosing periapical lesions of endodontic origin in comparison with Intra-oral periapical radiography and Cone-beam computed tomography: An in vivo study. *J Conserv Dent* 2021;24:445. [https://doi.org/10.4103/jcd.jcd\\_254\\_21](https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_254_21).
- [81] Arslan ZB, Demir H, Berker Yıldız D, Yaşar F. Diagnostic accuracy of panoramic radiography and ultrasonography in detecting periapical lesions using periapical radiography as a gold standard. *Dentomaxillofacial Radiol* 2020;49:20190290. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190290>.
- [82] Cotti E, Musu D, Goddi A, Dettori C, Campisi G, Shemesh H. Ultrasound Examination to Visualize and Trace Sinus Tracts of Endodontic Origin. *J Endod* 2019;45:1184–91. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.009>.
- [83] Zope S, Talathi A, Kamble A, Thakur S, Taide P, Kumar V, et al. Efficiency of ultrasonography in swellings of orofacial region. *Niger J Surg* 2018;24:82. [https://doi.org/10.4103/njs.NJS\\_38\\_17](https://doi.org/10.4103/njs.NJS_38_17).
- [84] Bayrakdar IS, Yilmaz AB, Caglayan F, Ertas U, Gundogdu C, Gumussoy I. Cone beam computed tomography and ultrasonography imaging of benign intraosseous jaw lesion: a prospective radiopathological study. *Clin Oral Investig* 2018;22:1531–9. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2257-1>.
- [85] Cotti E, Esposito SA, Musu D, Campisi G, Shemesh H. Ultrasound examination with color power Doppler to assess the early response of apical periodontitis to the endodontic treatment. *Clin Oral Investig* 2018;22:131–40. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2089-z>.
- [86] Ferreira TLD, Costa ALF, Tucunduva MJA, Tucunduva-Neto RR, Shinohara EH, de Freitas CF. Ultrasound evaluation of intra-osseous cavity: A preliminary study in pig mandibles. *J Oral Biol Craniofacial Res* 2016;6:S14–7. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2016.10.001>.
- [87] Tikku A, Bharti R, Sharma N, Chandra A, Kumar A, Kumar S. Role of ultrasound and color doppler in diagnosis of periapical lesions of endodontic origin at varying bone thickness. *J Conserv Dent* 2016;19:147. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.178694>.
- [88] Kumar R, Khambete N. Ultrasound in differential diagnosis of periapical radiolucencies: A radiohistopathological study. *J Conserv Dent* 2015;18:39. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.148889>.
- [89] Sandhu SS. Comparative Evaluation of Advanced and Conventional Diagnostic Aids for Endodontic Management of Periapical Lesions, An in Vivo Study. *J Clin Diagn Res* 2015. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/9301.5360>.
- [90] Shahrazad Saeed, Usama Murad Ibraheem, Manar Alnema. The Efficiency of Ultrasound and Doppler Ultrasound in Differential Diagnosis of Periapical lesions in Iraqi Populations. *Oral Maxillofac Surg Coll Dent Univ Mosul Iraq* 2019:15.

## Références bibliographiques

- [91] Arora V, Tiwari B, Krishnan M, Popli M, Iyer SR. Ultrasonography and Color Doppler in the Differential Diagnosis of Periapical Cyst and Granuloma. *J Contemp Dent* 2014;4:17–21. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10031-1062>.
- [92] Parvathy V, Kumar R, James E, George S. Ultrasound imaging versus conventional histopathology in diagnosis of periapical lesions of endodontic origin: A comparative evaluation. *Indian J Dent Res* 2014;25:54. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.131124>.
- [93] Goel S, Nagendrareddy SG, Raju MS, Krishnojirao DRJ, Rastogi R, Mohan RPS, et al. Ultrasonography with color Doppler and power Doppler in the diagnosis of periapical lesions. *Indian J Radiol Imaging* 2011;21:279–83. <https://doi.org/10.4103/0971-3026.90688>.
- [94] Prince C, Annapurna C, Sivaraj S, Ali I. Ultrasound imaging in the diagnosis of periapical lesions. *J Pharm Bioallied Sci* 2012;4:369. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.100275>.
- [95] Pallagatti S, Sheikh S, Puri N, Mittal A, Singh B. To evaluate the efficacy of ultrasonography compared to clinical diagnosis, radiography and histopathological findings in the diagnosis of maxillofacial swellings. *Eur J Radiol* 2012;81:1821–7. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.04.065>.



## **Résumé :**

Introduction : historiquement le diagnostic des lésions péri apicales repose sur des examens radiologiques (la rétro alvéolaire - CBCT), cependant ces examens présentent de nombreuses limites car elles ne permettent pas de différencier les kystiques des lésions granulomateuses, et depuis quelques temps on trouve trace dans la littérature de l'évaluation de l'utilisation de méthodes échographiques pour l'exploration des LIPOE.

L'échographie est une modalité d'imagerie sûre ; rapide ; précise ; non invasive et reproductible fournissant des images en temps réel qui permet la différenciation des lésions kystiques des lésions granulomateuses en basant sur la nature du contenu de la lésion et sa vascularisation.

Matériels et méthodes : Il s'agit d'une revue systématique de la littérature réalisée sur la base de données Pub Med ; Google scholar et science direct, portant sur les études publiées de 2012 à 2022, évaluant l'intérêt de l'imagerie par ultrason (échographie) dans le diagnostic positif et différentiel des lésions kystiques péri apicales.

Résultats : le diagnostic différentiel entre les granulomes péri apicaux et les lésions kystiques, basé sur les résultats de l'échographie, a été confirmé par les résultats de l'examen histopathologique.

Conclusion : l'imagerie ultrasonore en temps réel est une technique utile qui peut aider à établir un diagnostic différentiel en les granulomes et les kystes péri apicaux en révélant la nature du contenu d'une lésion ainsi sa vascularisation.

Mots clés : peri apical diseases ; ultrasonography ; periapical cyst and granulomas ; diagnostic of peri apical lesions ; radicular cyst ; echography and endodontics.

## **Abstract :**

Introduction : Diagnosis of periapical lesions has historically been based on radiological examinations (retro alveolar - CBCT), however, these examinations have many limitations because they do not allow to differentiate cystic lesions from granulomatous lesions, and for some time there has been trace in the literature of evaluation of the use of ultrasound methods for the exploration of periapical lesions. Ultrasonography is a safe; fast; noninvasive and reproducible imaging modality providing real time images that allows the differentiation of cystic lesions from granulomatous lesions based on the nature of the lesion content and its vascularization.

Materials and methods: This is a systematic review of the literature based on the Pub Med; Google scholar and science direct databases, covering studies published from 2012 to 2022, evaluating the value of ultrasound imaging (ultrasound) in the positive and differential diagnosis of periapical cystic lesions.

Results: The differential diagnosis between periapical granulomas and cystic lesions, which were based on the ultrasonographic findings, were confirmed by the results of the histopathologic examination.

Conclusion: Ultrasound real-time imaging is a technique that may help make a differential diagnosis between cysts and granulomas by revealing the nature of the lesion content and its vascularization.

Key words: periapical diseases; ultrasonography; periapical cyst and granulomas; diagnostic of periapical lesions; radicular cyst; echography and endodontics.

