

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2018

N°

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire le 9 janvier 2018

par

TRAWINSKI Nicolas

Né le 23/06/1991, à MULHOUSE

LOCALISATION ET GESTION DU SECOND CANAL MESIO-VESTIBULAIRE DE LA
PREMIERE MOLAIRES MAXILLAIRE

JURY

Président : Professeur MINOUX Maryline

Assesseurs : Docteur FIORETTI Florence

Docteur GROS Catherine

Docteur ROOS Thierry

Table des matières

INTRODUCTION	8
1. PREMIÈRE PARTIE : MORPHOLOGIE DE LA RACINE MÉSIO-VESTIBULAIRE DE LA PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE	10
1.1. HISTOIRE DE L'ÉTUDE DE L'ANATOMIE CANALAIRE	10
1.2. CLASSIFICATION DE L'ANATOMIE RADICULAIRE	14
1.2.1. <i>Classification de Weine (1969)</i>	14
1.2.2. <i>Classification de Weine modifié par Machtou</i>	15
1.2.3. <i>Classification de Vertucci (1984)</i>	16
1.2.4. <i>Classifications additionnelles</i>	17
1.3. REVUE DE LA LITTÉRATURE DE CLEGHORN	19
1.4. CANAUX LATÉRAUX, SECONDAIRES, ACCESSOIRES ET DELTAS APICAUX	21
1.4.1. <i>Définitions</i>	21
1.4.2. <i>Canaux latéraux</i>	22
1.4.3. <i>Canaux secondaires et accessoires</i>	22
1.4.4. <i>Deltas apicaux</i>	23
1.4.5. <i>Boucles canalaire</i>	23
1.5. VARIATIONS DE MORPHOLOGIE LIÉES AUX CRITÈRES PROPRES À L'INDIVIDU	23
1.5.1. <i>Age du patient</i>	24
1.5.2. <i>Sexe du patient</i>	26
1.5.3. <i>Ethnie du patient</i>	26
2. DEUXIÈME PARTIE : LOCALISATION RADIOLOGIQUE DU SECOND CANAL MÉSIO-VESTIBULAIRE	27
2.1. LA RADIOGRAPHIE CONVENTIONNELLE	27
2.1.1. <i>Principe de la radiographie rétro-alvéolaire</i>	27
2.1.2. <i>Les limites de la radiographie conventionnelle</i>	29
2.1.2.1. <i>Compression des structures tridimensionnelles</i>	29
2.1.2.2. <i>Distorsion géométrique</i>	30
2.1.2.3. <i>Artefacts anatomiques (anatomical noise)</i>	30
2.1.2.4. <i>Perspectives temporelles</i>	31
2.2. LA TOMOGRAPHIE VOLUMIQUE À FAISCEAU CONIQUE (TVFC) OU CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)	31
2.2.1. <i>Principe du CBCT</i>	31
2.2.2. <i>Avantages du CBCT</i>	33
2.2.2.1. <i>Facilité de visualisation des structures anatomiques</i>	33
2.2.2.2. <i>Absence d'artefacts anatomiques</i>	33
2.2.2.3. <i>Exposition réduite et qualité d'image supérieure</i>	33
2.2.2.4. <i>Diminution de la longueur de l'examen radiographique</i>	34
2.2.2.5. <i>Prix en comparaison d'un scanner</i>	34
2.2.3. <i>Limites du CBCT</i>	34
2.2.3.1. <i>Artefact d'écrasement</i>	34
2.2.3.2. <i>Résolution spatiale</i>	35
2.2.3.3. <i>Augmentation de la dose efficace</i>	35
2.2.4. <i>Apports du CBCT dans la pratique de l'endodontie par rapport à l'imagerie conventionnelle</i>	35
2.2.4.1. <i>Réglages des paramètres du CBCT pour son application endodontique</i>	35
2.2.4.2. <i>Cas endodontiques définis par le SEDENTEXCT où le CBCT peut s'avérer utile</i>	36
2.2.5. <i>Apports du CBCT sur l'anatomie canalaire</i>	36
2.2.6. <i>Apport du CBCT pour la localisation du MV2</i>	38
2.2.7. <i>Amélioration du pouvoir diagnostique des lésions inflammatoires péri-radicaire d'origine endodontique (LIPOE)</i>	40
3. LOCALISATION CLINIQUE DE L'ORIFICE DU SECOND CANAL MÉSIO-VESTIBULAIRE ET CARACTÉRISTIQUES DU TRAJET CANALAIRE	42

3.1.	CONSIDÉRATIONS ANATOMIQUES DE LA CHAMBRE PULPAIRE	42
3.1.1.	<i>Anatomie de la chambre pulpaire</i>	42
3.1.2.	<i>Les 6 lois de Krasner et Rankow</i>	43
3.1.3.	<i>Modification de la cavité d'accès (parallélogramme)</i>	46
3.1.3.1.	Les objectifs de la réalisation de la cavité d'accès	46
3.1.3.2.	Les étapes de la réalisation de la cavité d'accès	47
3.1.3.2.1.	Matérialisation du toit pulpaire sur la face occlusale coronaire	47
3.1.3.2.2.	Dessin de la cavité d'accès idéale	48
3.1.3.2.3.	Repérage des cornes pulpairees	49
3.1.3.2.4.	Approfondissement	49
3.1.3.2.5.	Mise en évidence du MV2	49
3.1.3.3.	Technique géométrique de Beer & Bauman	50
3.1.3.4.	Les modifications nécessaires à la recherche du MV2	51
3.2.	SONDAGE PARODONTAL	52
3.3.	SONDE DU PLANCHER PULPAIRE	52
3.4.	LES TESTS DE DIAGNOSTIC VISUELS	54
3.5.	APPORT DES AIDES OPTIQUES POUR LA LOCALISATION DU MV2	56
3.5.1.	<i>Apport des loupes en endodontie</i>	57
3.5.2.	<i>Apport du microscope en endodontie</i>	58
3.6.	INSERTS ULTRASONORES ET INSTRUMENTS ENDODONTIQUES SPÉCIFIQUES	60
3.6.1.	<i>Inserts ultrasonores</i>	60
3.6.2.	<i>Micro-Openers et Micro-Debriders</i>	63
3.6.3.	<i>Protocole de localisation de l'orifice du MV2 avec des inserts ultrasonores</i>	64
3.6.3.1.	Apport de l'élimination du surplomb dentinaire pour la localisation du MV2	65
3.7.	CONFIGURATION DU MV2	65
3.7.1.	<i>Longueur du canal MV2</i>	65
3.7.2.	<i>Diamètre du MV2</i>	66
3.7.3.	<i>Forme du MV2</i>	66
3.7.4.	<i>Courbure du MV2</i>	67
3.7.4.1.	Définitions	67
3.7.4.2.	Courbure du MV2	69
3.7.5.	<i>Isthme canalaire</i>	70
3.7.6.	<i>Une entrée canalaire infranchissable</i>	71
4.	QUATRIÈME PARTIE : TRAITEMENTS ET IMPLICATIONS CLINIQUES DU MV2	72
4.1.	EVALUATION DE LA COMPLEXITÉ D'UN TRAITEMENT ENDODONTIQUE	72
4.2.	APPORTS DES NOUVEAUX INSTRUMENTS POUR LE CATHÉTÉRISME	76
4.3.	APPORTS DES LOCALISATEURS D'APEX	77
4.3.1.	<i>Structure anatomique apicale</i>	77
4.3.2.	<i>Détermination électronique de la longueur de travail</i>	79
4.3.2.1.	Revue de la littérature concernant la détermination de la longueur de travail	80
4.4.	MISE EN FORME ET NETTOYAGE DU SYSTÈME CANALAIRE	80
4.4.1.	<i>Particularité de la mise en forme du MV2</i>	81
4.4.1.1.	Choix d'instruments à conicité constante ou variable	81
4.4.1.2.	Choix du degré de conicité instrumentale	82
4.4.1.3.	Gestion des courbures canalaires	82
4.5.	OBTURATION DU SECOND CANAL MÉSIO-VESTIBULAIRE	83
4.5.1.	<i>Principes et objectifs de l'obturation canalaire</i>	83
4.5.2.	<i>Obturation radiculaire adéquate du MV2</i>	84
4.5.3.	<i>Gestion des canaux confluent</i>	85
4.5.4.	<i>Gestion des canaux divergent</i>	85
4.5.5.	<i>Gestion des oblitérations physiologiques</i>	86
4.6.	CONSÉQUENCES ET SOLUTIONS THÉRAPEUTIQUES D'UN DÉFAUT DE TRAITEMENT DU MV2... 86	
4.6.1.	<i>Influence de la première molaire maxillaire dans le développement de parodontites apicales</i> 87	
4.7.	RETRAITEMENT ORTHOGRADE	89
4.7.1.	<i>Définitions</i>	89
4.7.2.	<i>MV2 et retraitement endodontique</i>	89

4.8.	APPORT DE LA CHIRURGIE.....	90
4.8.1.	<i>Définition chirurgie apicale.....</i>	90
4.8.2.	<i>Objectifs.....</i>	90
4.8.3.	<i>Chirurgie apicale des racines mésio-vestibulaire des premières molaires maxillaires</i> <i>91</i>	
4.8.4.	<i>Etendue de la résection apicale.....</i>	92
4.8.5.	<i>Épaisseur des murs radiculaires résiduels.....</i>	93
4.8.6.	<i>Taux de succès.....</i>	93
4.9.	AMPUTATION RADICULAIRE	94
4.10.	RECONSTITUTIONS CORONAIRES.....	94
4.10.1.	<i>Reconstitution coronaire étanche</i>	94
4.10.2.	<i>Obturation apicale ou coronaire?.....</i>	94
4.10.3.	<i>Restaurations coronaires de la première molaire maxillaire.....</i>	95
5.	CINQUIÈME PARTIE : ENQUÊTE SUR LE MV2 DANS UN CABINET PRIVÉ.....	97
5.1.	SÉQUENCE « 4S » DU DR THIERRY ROOS	97
5.2.	SÉLECTION DES CAS	98
5.3.	ANALYSE DES DONNÉES.....	98
5.4.	RÉSULTATS	101
5.5.	DISCUSSION/CONCLUSION	104
	CONCLUSION	106

Liste des figures

FIGURE 1: DESSIN DE DENTS SECTIONNÉES DÉTAILLANT LEURS ANATOMIES CANALAIRES	10
.....	11
FIGURE 2: DESSIN DE L'ANATOMIE CANALAIRE	11
FIGURE 3: IMAGE DE COUPES HISTOLOGIQUES D'UNE MOLAIRE.....	11
FIGURE 4: DESSIN DE L'ANATOMIE CANALAIRE EN 3D	12
FIGURE 5: PHOTO D'UNE MOLAIRE MAXILLAIRE DÉCALCIFIÉE	13
FIGURE 6: PHOTO D'APEX DÉCALCIFIÉS	13
FIGURE 7: SCHÉMA ILLUSTRANT LES CONFIGURATIONS CANALAIRES DE LA CLASSIFICATION DE WEINE.....	14
FIGURE 8: SCHÉMA ILLUSTRANT LES CONFIGURATIONS CANALAIRES DE LA CLASSIFICATION DE WEINE MODIFIÉE PAR MACHTOU.....	15
FIGURE 9: SCHÉMA ILLUSTRANT LES CONFIGURATIONS CANALAIRES DE LA CLASSIFICATION DE VERTUCCI.....	17
FIGURE 10: SCHÉMA ILLUSTRANT LES CONFIGURATIONS CANALAIRES ADDITIONNELLES RÉFÉRENCÉES PAR GULABIVALA	18
FIGURE 11: SCHÉMA ILLUSTRANT LES CONFIGURATIONS CANALAIRES ADDITIONNELLES RÉFÉRENCÉES PAR SERT & BAYIRLI	19
FIGURE 12: RECONSTITUTION TRIDIMENSIONNELLE DU SYSTÈME CANALAIRE D'UNE PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE	21
FIGURE 13 : SCHEMA DEFINISSANT LES TERMES DE CANAL ACCESSOIRE (A), SECONDAIRE (B), LATERAL (C, D) ; LA BASE (3), LE CORPS (2) ET L'APEX (1) RADICULAIRES	22
FIGURE 14: PHOTOGRAPHIES TÉMOIGNANT DE L'ÉVOLUTION PROGRESSIVE DE LA CONFIGURATION CANALAIRE DE LA RACINE MV DE PREMIÈRES MOLAIRES MAXILLAIRES AU FIL DU TEMPS. (A) 8 ANS (B) 10 ANS (C) 12 ANS (D) 65 ANS	26
FIGURE 15: RADIOGRAPHIE RÉTROALVÉOLAIRE ARGENTIQUE DES MOLAIRES MAXILLAIRES SELON UNE INCIDENCE ORTHOCENTRÉE ((FLÈCHE MONTRANT LE PROCESSUS ZYGOMATIQUE)	28
FIGURE 16: RADIOGRAPHIE RÉTROALVÉOLAIRE ARGENTIQUE DES MOLAIRES MAXILLAIRES SELON UNE INCIDENCE MÉSIO-CENTRÉE (FLÈCHE MONTRANT LE DÉPLACEMENT EN DISTAL DU PROCESSUS ZYGOMATIQUE).....	28
FIGURE 17: RADIOGRAPHIE RÉTROALVÉOLAIRE ARGENTIQUE DES MOLAIRES MAXILLAIRES SELON UNE INCIDENCE DISTO-CENTRÉE. LE PROCESSUS ZYGOMATIQUE, PROJETÉ EN MÉSIAL, EST SIGNALÉ PAR UNE FLÈCHE BLANCHE.	29
FIGURE 18: PHOTO DU PLANMECA PROMAX 3D MAX	31
FIGURE 19: IMAGES PROVENANT D'UN EXAMEN DENTAIRE AU CBCT	32
FIGURE 20: EXEMPLES DE RECONSTITUTION D'UNE PREMIÈRE MOLAIRE OBTENUE À PARTIR D'IMAGES PROVENANT D'UN CBCT MONTRANT L'AIRE CANALAIRE DU CANAL MV1 (MB1) MV2 (MB2) DISTO-VESTIBULAIRE (DB) ET PALATIN (P).....	37
FIGURE 21: SÉRIES D'IMAGES PROVENANT D'UN CBCT D'UNE PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE REPRÉSENTANT L'ANATOMIE INTERNE ET LES VARIATIONS ANATOMIQUE DANS DIFFÉRENTS NIVEAUX CANALAIRES	38
FIGURE 22: VUE AXIALE DÉMONTRANT LA PRÉSENCE D'UN MV2 DANS LA MOLAIRE MAXILLAIRE DROITE	39
FIGURE 23: VUE EXTERNE D'UNE MOLAIRE MAXILLAIRE	42
FIGURE 24: COUPES VESTIBULO-PALATINES D'UNE MOLAIRE MAXILLAIRE, VUE DISTALE (A) ET VUE MÉSIALE (B).....	43
FIGURE 25: COUPE D'UNE MOLAIRE MANDIBULAIRE MONTRANT LA CENTRALITÉ DE LA CHAMBRE PULPAIRE	44

FIGURE 26: COUPE D'UNE MOLAIRE MANDIBULAIRE MONTRANT LA CONCENTRICITÉ DE LA CHAMBRE PULPAIRE.....	44
FIGURE 27: COUPE D'UNE MOLAIRE MANDIBULAIRE MONTRANT QUE LA DISTANCE SÉPARANT LES MURS DE LA CHAMBRE PULPAIRE DE LA SURFACE EXTERNE SONT ÉGAUX AU NIVEAU DES ENTRÉES CANALAIRES	45
FIGURE 28: CAVITÉ D'ACCÈS D'UNE PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE MONTRANT 1) LA DIFFÉRENCE DE COULEUR ENTRE LES PAROIS ET LE PLANCHER PULPAIRE, 2) QUE LES ORIFICES CANALAIRES SONT À LA JONCTION PAROI-PLANCHER, ET 3) QU'ILS SONT LOCALISÉS DANS L'ANGLE DE LA CHAMBRE PULPAIRE (B: VESTIBULAIRE, M: MÉSIAL, L: PALATIN, D: DISTAL)	46
FIGURE 29 : REPÈRES MORPHOLOGIQUES ET POSITIONNEMENT DES CORNES PULPAIRES PALATINE (P) ET MÉSIO-VESTIBULAIRE (MV) SUR UNE MOLAIRE MAXILLAIRE	47
FIGURE 30 : POSITIONNEMENT DE LA CORNE DISTO-VESTIBULAIRE (DV) ET VARIANTES	48
FIGURE 31: PHOTO D'UNE CAVITÉ D'ACCÈS CLASSIQUE D'UNE MOLAIRE MAXILLAIRE MONTRANT LES DIFFÉRENTS REPÈRES SUR LA FACE OCCLUSALE.....	49
FIGURE 32: CAVITÉ D'ACCÈS MODIFIÉE (A) ET CAVITÉ D'ACCÈS CLASSIQUE (B)	50
FIGURE 33 : SCHEMAS DE CONSTRUCTION DE L3, LIGNE IMAGINAIRE SUR LAQUELLE EST SITUÉ LE MV2	50
FIGURE 34: PHOTO MONTRANT LA POSITION DU MV2 (MB2) EN MÉSIAL DE LA LIGNE IMAGINAIRE RELIANT LE MV1 (MB) AU CANAL PALATIN (P).....	52
FIGURE 35 : MISE EN ÉVIDENCE DE L'ORIFICE CANALAIRE DU MV2 SUR UNE PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE À L'AIDE D'UNE SONDE DG16 (À GAUCHE(A)). PEUT ÊTRE NOTÉE LA DIFFÉRENCE ENTRE LE PLANCHER, DE COULEUR SOMBRE, ET L'ÉPERON DENTINAIRE DU MV2, DE COULEUR PLUS CLAIRE (À DROITE).....	53
FIGURE 36 : VISUALISATION DE LA RACINE MÉSIO-VESTIBULAIRE D'UNE PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE SECTIONNÉE DANS SON TIERS APICAL: SANS COLORANT (B, GROSSISSEMENT X 7,5), PUIS AVEC COLORATION AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (D, SANS GROSSISSEMENT ; E, GROSSISSEMENT X 7,5 ; F, GROSSISSEMENT X 25). LE SECOND CANAL MÉSIO-VESTIBULAIRE EST MIS EN ÉVIDENCE PAR LE COLORANT. UN ISTHME INTER-CANALAIRE EST ÉGALEMENT VISIBLE SUR LES FIGURES E ET F (MARQUÉ D'UNE FLÈCHE).....	55
FIGURE 37 : VISUALISATION DE LA CHAMBRE PULPAIRE D'UNE PREMIÈRE MOLAIRE MAXILLAIRE SUR LAQUELLE DE LA FLUORESCÉINE A ÉTÉ APPLIQUÉE (FIGURE À GAUCHE) ET LES EXCÈS RETIRÉS (FIGURE AU CENTRE). LE MV2 EST OBSERVÉ (FLÈCHE) APRÈS ILLUMINATION À LA LUMIÈRE BLEUE (FIGURE À DROITE).....	56
FIGURE 38 : TÉLÉ-LOUPES GALILÉENNES INCRUSTÉES « THROUGH THE LENS » (EN HAUT) ET ESCAMOTABLES «FLIP-UP» (EN BAS),	57
FIGURE 39: MICROSCOPE OPÉRATOIRE ZEISS OPMA PRO ERGO.....	58
FIGURE 40: INSERTS ULTRASONORES START-X DE DENSTPLY MAILLEFER	62
FIGURE 41: INSERTS ULTRASONORES ENDO REVISION DE MECTRON	63
FIGURE 42: LES DIFFÉRENTS MICRO-OPENERS ET MICRO-DEBRIDERS DISPONIBLES.....	63
FIGURE 43: ELIMINATION DU SURPLOMB DENTINAIRE AVEC L'INSERT ULTRASONORE ET SOUS AIDE VISUELLE	64
.....	67
FIGURE 44: DESSIN REPRÉSENTANT L'ANGLE DE COURBURE CANALAIRE A.....	67
FIGURE 45 : DESSIN MONTRANT QUE L'ANGLE DE COURBURE NE PERMET PAS TOUJOURS UNE BONNE ÉVALUATION DU DEGRÉ DE COURBURE D'UN CANAL.....	68
FIGURE 46 : DESSIN REPRÉSENTANT LE RAYON DE COURBURE R	69
FIGURE 47 : INSTRUMENT DE PRÉ-ÉLARGISSEMENT PROGLIDER®, DIAMÈTRE APICAL 0.16MM ET CONICITÉ VARIABLE ET PROGRESSIVE (2% À LA POINTE).	77
FIGURE 48: SCHÉMA D'UN APEX DENTAIRE.....	78

FIGURE 49 : MODÉLISATION PAR IMAGES SUPERPOSÉES DE LA TRAJECTOIRE DE PRÉPARATION ADOPTÉE PAR L'INSTRUMENT DE ROTATION CONTINUE (MATÉRIALISÉ EN ROUGE) ET LA FORME DU CANAL EN S AVANT PRÉPARATION (MATÉRIALISÉ EN NOIR). L'INSTRUMENT À CONICITE CONSTANTE (IMAGE D) PROPOSE UNE MEILLEURE QUALITE DE PREPARATION CANALAIRE QUE L'INSTRUMENT A CONICITE VARIABLE (IMAGE C).....	82
FIGURE 50: SÉQUENCE 4S.....	98
FIGURE 51 : TRAITEMENT ENDODONTIQUE 16 AVEC SUIVI À 6 MOIS. (A) RADIOGRAPHIE PRÉ-OP AVEC PRÉSENCE D'UNE LÉSION APICALE EN REGARD DE LA RACINE MV. (B) RADIOGRAPHIE POST-OP AVEC LE MV2 OBTURÉ ET INDÉPENDANT. (C) RADIOGRAPHIE DE CONTRÔLE À 6 MOIS AVEC DISPARITION DE LA LÉSION APICALE.....	99
FIGURE 52: TRAITEMENT ENDODONTIQUE CHIRURGICAL D'UNE 26. (A) RADIOGRAPHIE PRÉ-OP MONTRANT UNE LÉSION APICALE EN REGARD DE LA RACINE MV. (B) RADIOGRAPHIE À 3 MOIS MONTRANT LE PROCESSUS DE CICATRISATION EN REGARD DE LA RACINE RÉSÉQUÉE.....	100
FIGURE 53: COUPES DE CBCT MONTRANT LE MV2 NON TRAITÉ.....	100

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : CHARTE D'ÉVALUATION DE LA DIFFICULTÉ CLINIQUE EN ENDODONTIE, ADAPTÉE D'APRÈS LES SYSTÈMES CANADIENS ET AMÉRICAIN.....	73
TABLEAU 2 : SUITE TABLEAU 1.....	74
TABLEAU 3 : CHARTE SIMPLIFIÉE PROPOSÉE PAR L'ASSOCIATION NÉERLANDAISE D'ENDODONTIE	75
TABLEAU 4 : COMPARAISON DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TECHNIQUES D'OBTURATION CANALAIRES.....	84
TABLEAU 5 : GRAPHIQUE EN BARRES EMPILÉES PRÉSENTANT LA PRÉVALENCE DES PARODONTITES APICALES EN FONCTION DU SCORE PAI (PERI-APICAL INDEX) SUR LES RACINES DES PREMIÈRES MOLAIRES MAXILLAIRES (1ÈRES MM) AYANT SUBI OU NON UN TRAITEMENT ENDODONTIQUE (TE), ET CE TRAITEMENT ENDODONTIQUE ÉTANT JUGÉ ADÉQUAT OU INADÉQUAT.....	88
.....	96
TABLEAU 6 : INDEX PÉRIAPICAL (PAI) AU SEIN DES PREMIÈRES MOLAIRES MAXILLAIRES ÉTUDIÉES EN FONCTION DU TYPE DE RECONSTITUTION CORONAIRE.....	96
TABLEAU 7 : RÉCAPITULATIF DU NOMBRE DE CAS ÉTUDIÉS ET DES RADIOGRAPHIE UTILISÉES.....	101
TABLEAU 8 : RÉCAPITULATIF DES MOTIFS DE CONSULTATION.....	101
TABLEAU 9 : RÉCAPITULATIF DE LA LOCALISATION DES LIPOE.....	102
TABLEAU 10 : RÉCAPITULATIF MODE DE TRAITEMENTS ENDODONTIQUE.....	103
TABLEAU 11 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS DU TRAITEMENT PAR VOIE ORTHOGRADE ET DES MV2 TRAITÉS.....	103
TABLEAU 12 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS DES TRAITEMENTS PAR VOIE CHIRURGICAL.....	104

INTRODUCTION

La connaissance de la morphologie des canaux radiculaires et de leurs fréquentes variations est une exigence fondamentale pour un traitement endodontique. Il est généralement admis que la principale cause d'échec du traitement endodontique est une incapacité à reconnaître et donc traiter adéquatement tous les canaux radiculaires de la dent.

La racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire a généré plus de recherches et d'investigations cliniques que toutes les autres racines. Cependant, il existe un manque d'uniformité dans la littérature en ce qui concerne le pourcentage d'un deuxième canal mésio-vestibulaire et la manière de l'appréhender.

La seule revue de la littérature à ce jour sur l'anatomie canalaire de la première molaire maxillaire, soutient l'idée que trois racines (mésiale, distale et palatine) et quatre canaux (deux mésio-vestibulaire (MV1 et MV2), un distal et un palatin) sont la forme la plus commune (plus de 60% de canaux MV2 trouvés dans les différentes études dont la plupart sont indépendants du MV1) même s'il existe un large éventail de variations.

Grâce à l'avènement de l'imagerie en 3D plus précise que les radiographies intra-orales classiques et les radiographies panoramiques, la morphologie racinaire des racines a pu être clairement mise à jour. Les données obtenues confirment que la morphologie de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire est complexe et que les classifications actuelles (Weine et Vertucci) ne reflètent pas pleinement la complexité de cette racine mésio-vestibulaire.

Il est nécessaire de traiter ce canal MV2 sur toute sa longueur pour éviter une recontamination bactérienne et assurer une étanchéité complète du traitement endodontique. Une absence de traitement du canal MV2 fait baisser le pronostic des traitements endodontiques à long terme.

Il est encore largement oublié lors des soins en omnipratique car difficilement localisable sans imagerie 3D, microscopes et inserts ultrasonores.

De plus, du fait de sa morphologie souvent complexe, il faut une certaine habileté ainsi qu'un plateau technique adapté pour le traiter en toute sécurité.

Notre travail sera axé dans un premier temps sur la complexité de la morphologie de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire. Nous étudierons ensuite les moyens radiologiques à disposition pour localiser le MV2, en commençant par la radiologie conventionnelle puis l'imagerie 3D ainsi que l'apport de cette imagerie en endodontie et plus particulièrement pour le MV2. Ensuite nous parlerons des différents moyens et techniques cliniques à notre disposition pour nous faciliter sa localisation. Pour finir nous verrons les différentes possibilités de traiter conventionnellement ou chirurgicalement ce canal et nous analyserons rétrospectivement 150 cas de premières molaires maxillaires traitées par le Dr ROOS Thierry, dont l'activité clinique est orientée principalement vers l'endodontie.

1. Morphologie de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire

Le traitement de l'endodonte entend un travail en aveugle. Il paraît indispensable de pallier à ce déficit sensoriel, par une analyse pré-opératoire, elle-même basée sur une connaissance rigoureuse de l'anatomie camérale et endo-canaulaire.

1.1. Histoire de l'étude de l'anatomie canalaire

La première étude systématique de l'anatomie canalaire fut l'œuvre de *Carabelli*, 1842 (1), qui publia des dessins de dents sectionnées en détaillant leurs anatomies canalaire. Ses coupes verticales montrent une anatomie canalaire proche de la conception actuelle.

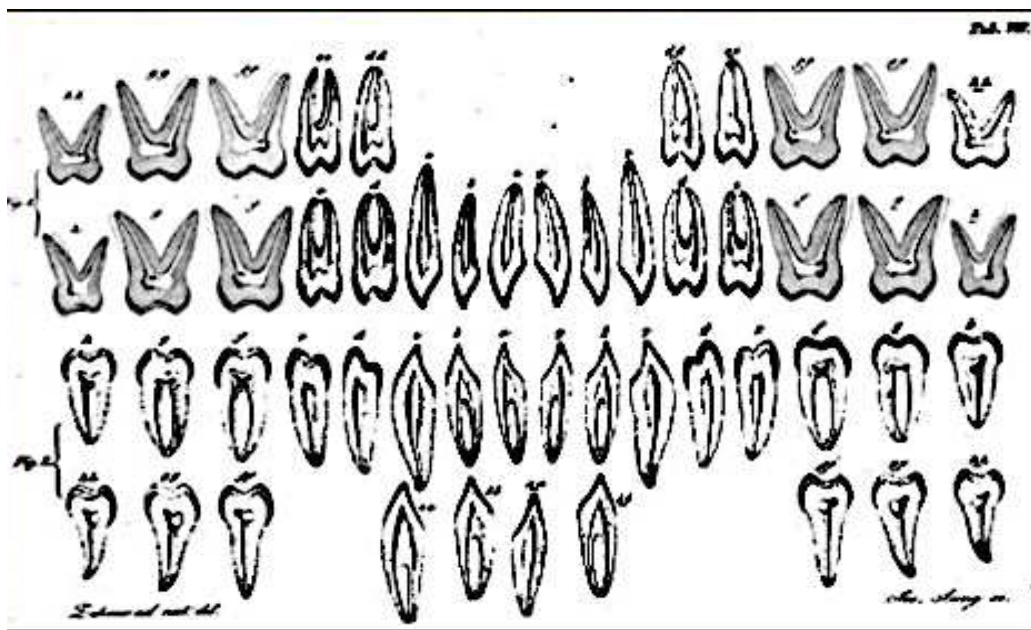


Figure 1: Dessin de dents sectionnées détaillant leurs anatomies canalaire
(CARABELLI, 1842)

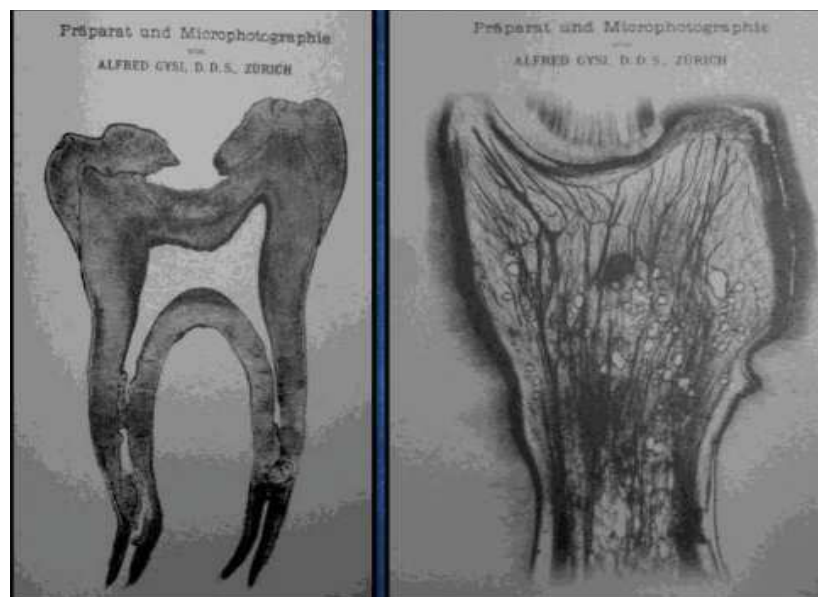
Mulhreiter (2) fut le premier à mener des investigations détaillées sur le système canalaire. Il sectionna les dents dans divers plans, ce qui lui permis de décrire de façon précise et en détail l'anatomie interne de dents. Sur ses planches apparaissent les cavités d'accès des différentes dents, avec par exemple les deux canaux mésiaux et le canal distal (plus large) sur les molaires mandibulaires. Sur les molaires maxillaires, il ne décrit cependant pas de deuxième canal mésio-vestibulaire.

Black (3) contribua aussi, avec quelques planches à la description de l'anatomie canalaire.



*Figure 2: Dessin de l'anatomie canalaire
(BLACK, 1890)*

Gysi (4) travailla sur des sections histologiques, qui commençaient à bien exposer la complexité interne des dents.

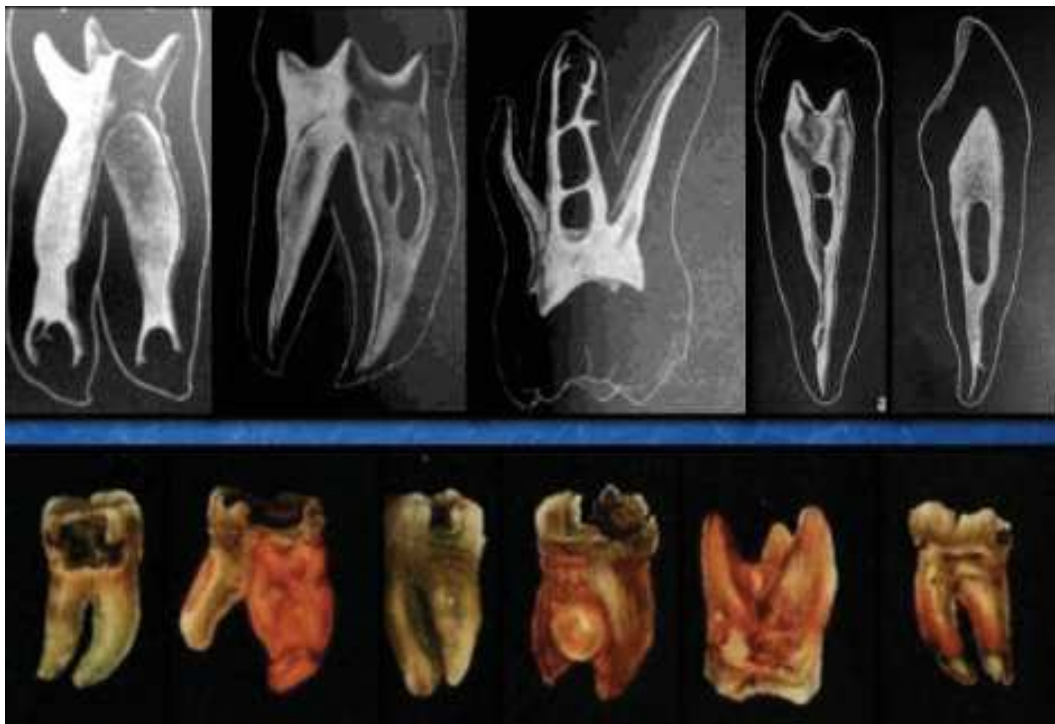


*Figure 3: Image de coupes histologiques d'une molaire
(GYSI, 1892)*

Preiswerck (5) fut le premier à injecter un produit pour relever l'anatomie canalaire. Il injecta du métal en fusion dans les chambres pulpaire, permettant d'obtenir après décalcification des dents, des modèles métalliques très précis de l'anatomie canalaire.

Les planches de *Preiswerck* décrivent une anatomie très détaillée avec présence de canaux latéraux, ainsi que de communications et d'isthmes entre les canaux. Il décrit déjà sur ses planches la

présence ainsi que la complexité du MV2 et de sa communication importante avec le MV1. Ce fut le premier à considérer comme quasi systématique la présence du MV2 au niveau des premières molaires maxillaires.



*Figure 4: Dessin de l'anatomie canalaire en 3D
(PREISWERCK, 1901)*

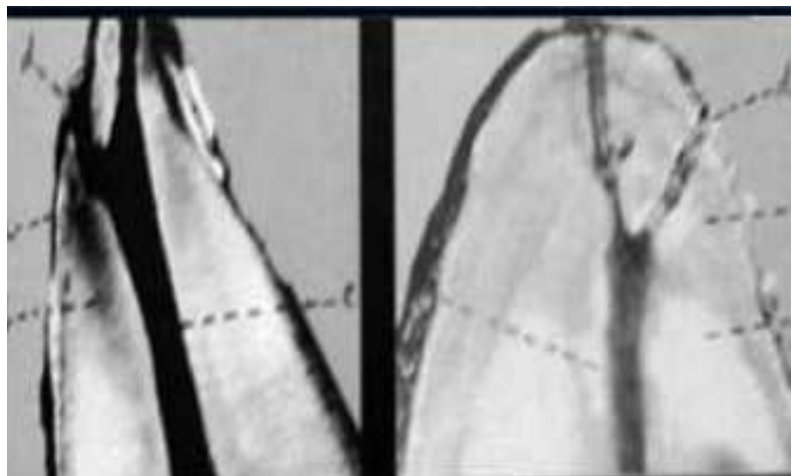
La première description de la très grande variabilité et complexité de l'anatomie canalaire fut l'œuvre de *Hess (6)*, il décrit comme quasi systématique la présence d'un MV2 au niveau des premières molaires maxillaires, ainsi que la très grande variation de son anatomie canalaire. Il montre sur ses planches une très grande variation au niveau de l'anatomie canalaire avec des communications, des isthmes et des canaux latéraux présents en grand nombre sur tout le trajet canalaire.



*Figure 5: Photo d'une molaire maxillaire décalcifiée
(HESS, 1925)*

Okumura (7) décrit aussi la présence d'un MV2 sur les molaires maxillaires et fut le premier à classer les dents en fonction de leurs anatomies canalaire. Il a pu arriver à cette classification grâce à l'injection de colorant dans la chambre pulpaire.

Davis (8) livra une étude très précise sur le tiers apical, il réussit à décrire la complexité du foramen apical. On y voit les nombreux canaux latéraux ainsi que le foramen apical qui comme la conception actuelle le décrit, ne se termine pas toujours au niveau de l'apex radiologique. C'est le premier à décrire l'apex comme étant un delta apical.



*Figure 6: Photo d'apex décalcifiés
(DAVIS, 1923)*

1.2. Classification de l'anatomie radicaire

1.2.1. Classification de Weine (1969)

Franklin S. Weine (9) propose en 1969, la première classification endodontique définissant quatre configurations canalaire prédominantes.

Deux données sont renseignées : le nombre de canaux au niveau du plancher pulpaire et de l'apex.

- Type I : un seul canal avec un seul orifice et un seul foramen apical (1-1).
- Type II : deux canaux se rejoignant en un seul canal et présentant une seule sortie foraminale (2-1).
- Type III : deux canaux distincts, de l'entrée canalaire au foramen apical (2-2).
- Type IV : un seul canal qui se divise en deux canaux distincts avec deux foramens apicaux (1-2).

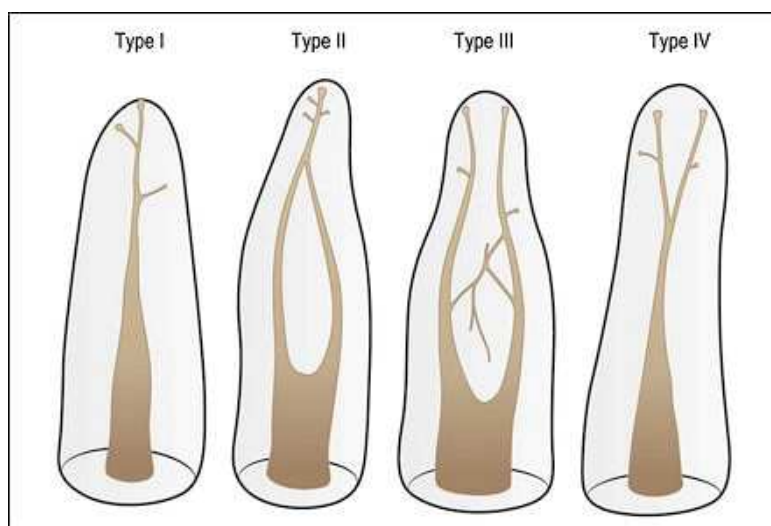


Figure 7: Schéma illustrant les configurations canalaire de la classification de Weine (WEINE, 1969)

Pour mettre au point sa classification, Weine a étudié la racine mésio-vestibulaire de molaires maxillaires extraites (mais pas que cette racine en particulier), en les sectionnant du reste de la dent. Les canaux radicaire ont été exposés, de la partie coronaire de la racine à l'apex.

Son étude a montré que 48,5% des racines présentaient des canaux de type I, 37,5% présentaient des canaux de type II et 14 % présentaient des canaux de type III. Aucune racine de son étude n'était de type IV.

Selon Weine, lorsque le praticien est en présence d'une configuration de type II, même s'il ne traite qu'un seul des deux canaux, un succès de la thérapeutique endodontique peut avoir lieu, mais uniquement si le canal est traité sur toute sa longueur. Par contre, si les canaux de type III ne sont pas traités distinctement, cela peut amener à un échec de la thérapeutique endodontique, avec une douleur post-opératoire qui se poursuit dans le temps, une infection initiale qui persiste ou une

infection qui se développe. Radiologiquement cependant, il est très difficile de déterminer la configuration canalaire de la racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires avec des radiographies bidimensionnelles.

Selon Weine, les échecs des traitements endodontiques sont le plus souvent dus à l'oubli d'un canal, car le praticien n'a pas réussi à reconnaître sa présence. Pour lui il faut avoir une parfaite connaissance de l'anatomie canalaire de chaque dent ainsi que des particularités qui peuvent exister pour pouvoir réduire au minimum les échecs des traitements endodontiques. Le MV2 se trouve selon lui en palatin par rapport au MV1. Il était cependant surpris que malgré le grand pourcentage de deuxième canal non traité, il y ait un aussi grand nombre de succès pour les traitements endodontiques sur les molaires maxillaires (étude datant de 1969).

1.2.2. Classification de Weine modifiée par Machtou

En 1993, *Pierre Machtou (10)* étoffe quelque peu la classification de Weine :

- Les types A, B, D et E reprennent respectivement les types I, IV, II et III de Weine.
- Le type C décrit une racine présentant deux entrées canalaire fusionnant en un canal, se divisant ensuite en deux ramifications apicales.
- Le type F décrit une configuration canalaire « en C » ou « cloisonnée en ruban ». Deux canaux suivent un même trajet de l'entrée canalaire à l'apex et communiquent par le biais d'un ou plusieurs isthme(s) inter-canalaires. Une section transversale dévoile un canal en forme de C.

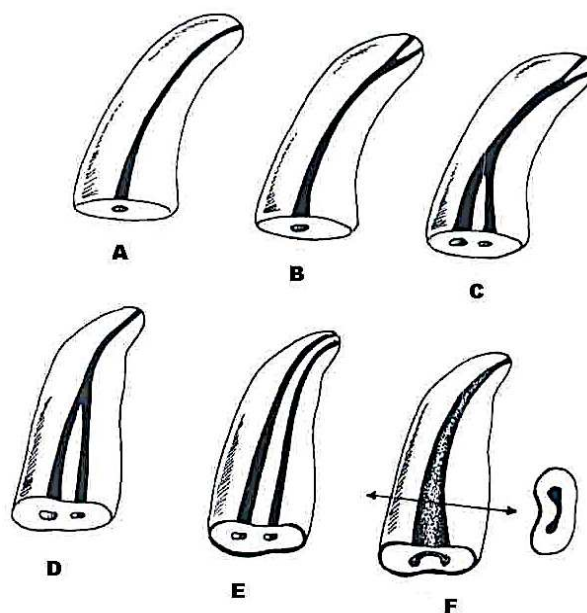


Figure 8: Schéma illustrant les configurations canalaire de la classification de Weine modifiée par Machtou
(MACHTOU, 1993)

1.2.3. Classification de Vertucci (1984)

Frank J. Vertucci (11) en 1984 a basé sa classification sur une étude où il a examiné l'anatomie radiculaire sur 2400 dents adultes extraites. Il a relevé l'anatomie grâce à l'injection de colorants dans la cavité pulpaire.

Cette étude lui a permis de faire une classification plus exhaustive et plus précise. Sa classification statue sur la configuration au niveau du plancher et le long du trajet canalaire puis au niveau de l'apex :

- Type I : Un canal unique qui part de la chambre pulpaire et se poursuit jusqu'à l'apex (1-1).
- Type II : Deux canaux séparés quittent la chambre pulpaire et se rejoignent pour former un seul canal jusqu'à l'apex (2-1).
- Type III: Un canal quitte la chambre pulpaire se divise en deux canaux dans la partie médiane et qui se rejoignent finalement dans le tiers apical pour former un seul canal jusqu'à l'apex (1-2-1)
- Type IV: Deux canaux séparés et distincts s'étendent à partir de la chambre pulpaire jusqu'à l'apex (2-2).
- Type V : Un canal quitte la chambre pulpaire et se divise en deux canaux qui se poursuivent jusqu'à l'apex avec deux foramen apicaux (1-2).
- Type VI : Deux canaux distincts quittent la chambre pulpaire se rejoignent dans le tiers moyen puis se divisent à nouveau dans le tiers apical et terminent à l'apex avec deux foramens apicaux (2-1-2).
- Type VII : Un canal quitte la chambre pulpaire, puis se divise en deux canaux qui se rejoignent et se redivisent en deux canaux qui se poursuivent jusqu'à l'apex pour se terminer avec deux foramen apicaux (1-2-1-2).
- Type VIII : Trois canaux séparés et distincts qui s'étendent de la chambre pulpaire jusqu'à l'apex (3-3).

Concernant les canaux des premières molaires maxillaires, les chiffres de Vertucci sont :

- Le canal mésio-vestibulaire présente une configuration de type I dans 45 % des cas, de type II dans 37 % des cas et de type IV dans 18 % des cas
- Les canaux disto-vestibulaire et palatin présentent une configuration de type I dans 100 % des cas.

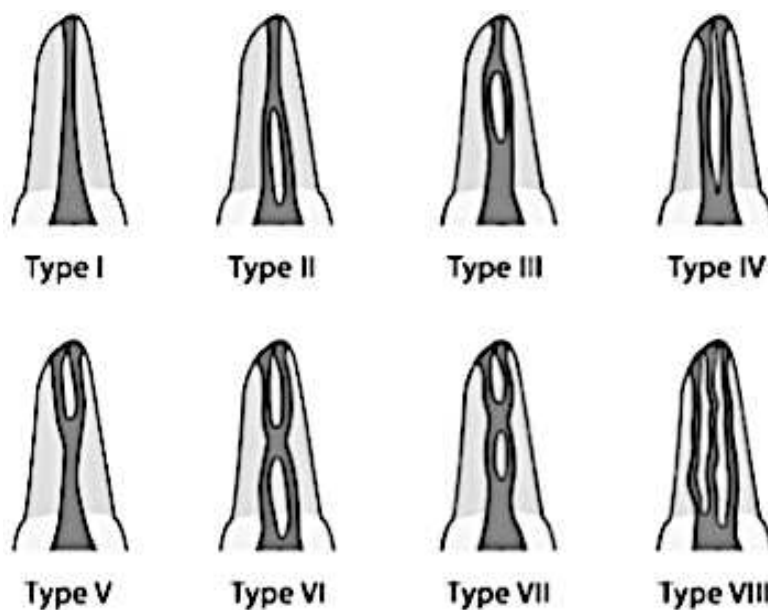


Figure 9: Schéma illustrant les configurations canales de la classification de Vertucci (VERTUCCI, 2005).

La classification de Vertucci constitue la référence la plus utilisée, par la plupart des auteurs contemporains pour classer l'anatomie radiculaire.

La technique utilisant le colorant pour connaître la configuration canalaire des racines dentaires a permis d'obtenir une vision précise de l'anatomie canalaire tridimensionnelle, elle permettait aussi de maintenir intact la configuration originelle des canaux ainsi que la relation entre ces canaux radiculaires.

Vertucci relevait déjà à l'époque que la clé du succès du traitement endodontique était la connaissance de l'anatomie exacte des canaux radiculaires, cela permettait d'avoir un taux de succès plus important. Pour lui c'est l'anatomie qui dicte la localisation de la cavité d'accès ainsi que les premières limes utilisées.

Pour Vertucci, le dentiste doit en priorité (avant de commencer son traitement) étudier l'anatomie radiculaire au travers de la radiographie. Tous les canaux doivent être localisés, car l'absence de traitement d'un canal est une des causes principales d'échec du traitement endodontique.

1.2.4. Classifications additionnelles

Ces classifications restent peu utilisées par les cliniciens mais elles reflètent la multitude de possibilités de configurations canalaires.

- Classification de *Gulabivala* (12) :

Cette classification décrit 7 configurations supplémentaires à celle de Vertucci :

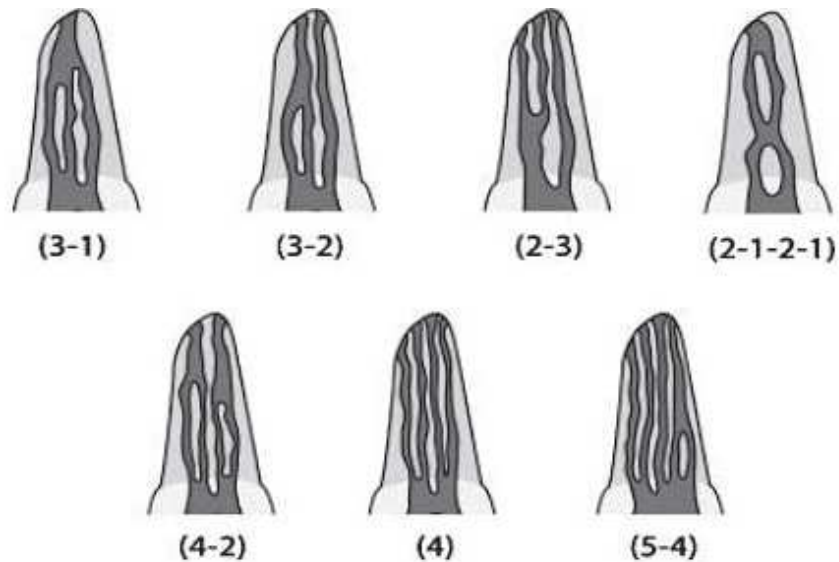


Figure 10: Schéma illustrant les configurations canales additionnelles référencées par Gulabivala (ALAVALI & COLL., 2002)

- Classification de *Sert et Bayirli* (13) :

Sert et Bayirli dans leur étude arrivent à classer près de 2764 dents (sur 2800 (soit 99%)) dans une des huit configurations canales décrites par Vertucci. Ces dents étaient des premières, deuxièmes et troisièmes molaires maxillaires et mandibulaires. Ils classent le reste (1%) des dents dans 14 configurations décrites ci-dessus :

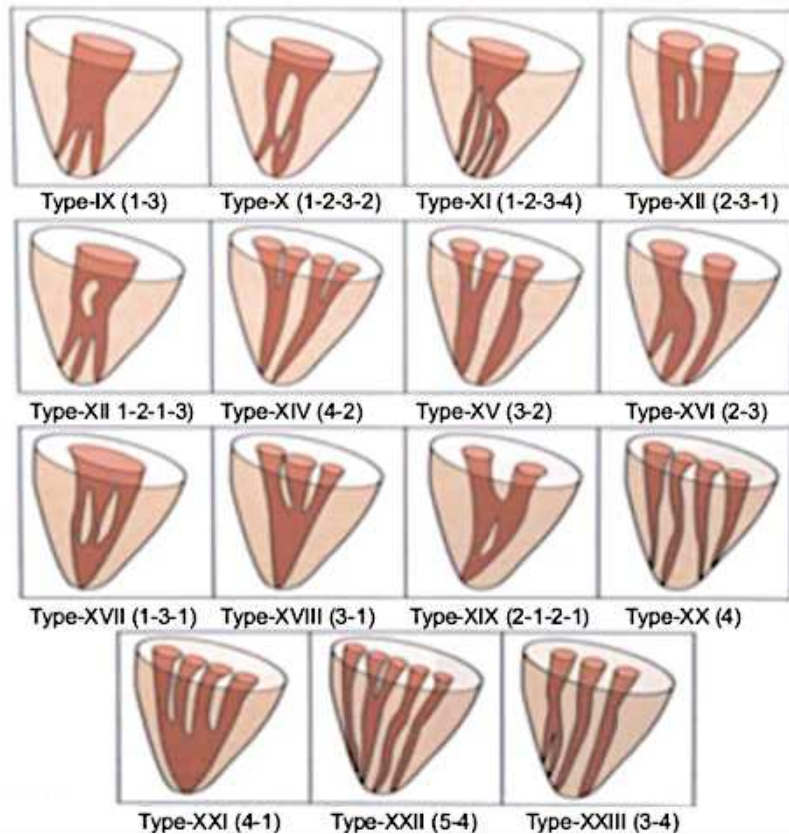


Figure 11: Schéma illustrant les configurations canales additionnelles référencées par Sert & Bayirli
(SERT & BAYRLI, 2004)

1.3. Analyse de la revue de la littérature de Cleghorn

Cleghorn & coll (14) dans sa revue systématique de la littérature, rapporte que les premières molaires maxillaires ont trois racines dans 95,9% des cas.

Après étude de plus de 8400 dents (provenant de l'analyse de 34 études) il en a déduit que dans 56,8 % des cas, il y avait deux canaux présents dans la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire. Ce pourcentage est plus important dans les études *in vitro* (60,5 %) en comparaison des études *in vivo* (54,7%).

Les variations de pourcentage concernant la présence d'un MV2 viennent selon Cleghorn de la méthode d'exploration des différentes études.

Un grand nombre de méthodes *in vitro* ont en effet été utilisées, incluant selon les études :

- L'utilisation de différents types de colorants (encre de chine, coloration à l'hématoxyline, bleu de méthylène)
- Une décalcification de la racine

- Un accès endodontique après section de la racine
- L'utilisation de gel radio-opaque
- Un examen radiographique
- Un examen au microscope
- Un examen de différentes sections de la racine

Les méthodes d'études *in vivo* quant à elles incluait :

- L'utilisation d'un microscope opératoire,
- L'analyse de radiographies et
- L'examen rétrospectif de dents devant subir un retraitement endodontique.

Une autre raison de variations concernant la présence d'un MV2 provient de la définition du canal donnée par l'auteur. En fonction des études, les définitions suivantes étaient utilisées :

- Le canal doit avoir un orifice séparé dans le plancher de la chambre pulpaire
- Deux instruments doivent passer simultanément jusqu'à une longueur de 16 mm
- Le canal doit pouvoir être instrumentalisé sur 3-4 mm
- Le canal doit être traitable pour le cas des études cliniques rétrospectives

L'opérateur des études est souvent un endodontiste spécialiste, avec une grande expérience et un plateau technique adapté à la pratique de l'endodontie exclusive. Donc on peut en déduire que le taux de détection du MV2 est plus important que si l'opérateur avait été omnipraticiens.

Cleghorn en a conclu que le MV2 est le canal le plus difficile à localiser et à traiter. Cependant en ayant une bonne connaissance de l'anatomie canalaire, en utilisant des aides optiques appropriées et en prenant le temps clinique nécessaire, il est possible de localiser 93% des MV2 au niveau des premières molaires maxillaires.

Pour lui, la norme de l'anatomie canalaire de la première molaire maxillaire se trouve être : trois racines avec 4 canaux dont le MV1 et le MV2 n'ont qu'un seul foramen apical.



Figure 12: Reconstitution tridimensionnelle du système canalaire d'une première molaire maxillaire (BROWN, 2014)

1.4. Canaux latéraux, secondaires, accessoires et deltas apicaux

1.4.1. Définitions

Le chercheur brésilien *Q.D. De Deus (15)* propose une définition des canaux qui connectent le canal principal au parodonte :

- Les canaux latéraux
- Les canaux secondaires
- Les canaux accessoires

Il divise la racine en 3 zones :

- La base radiculaire, qui est le tiers le plus coronaire de la racine
- Le corps radiculaire, ou la portion médiane, entre la base et l'apex radiculaire
- L'apex radiculaire, qui constitue l'extrémité de la racine sur environ 3 millimètres

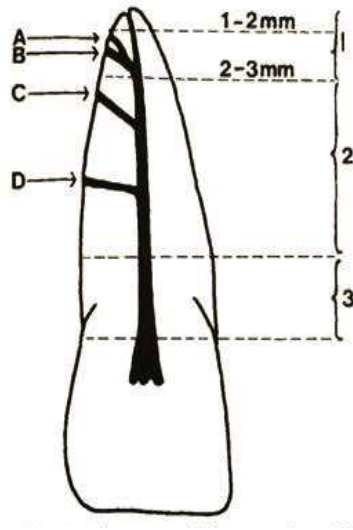


Figure 13 : Schéma définissant les termes de canal accessoire (A), secondaire (B), latéral (C, D) ; la base (3), le corps (2) et l'apex (1) radiculaires (DE DEUS, 1975)

1.4.2. Canaux latéraux

Selon De Deus, les canaux latéraux peuvent s'étendre de la base mais plus souvent ils s'étendent au niveau du corps radiculaire. Ils ont un trajet allant du canal principal au ligament alvéolo-dentaire. Ils ont une orientation perpendiculaire par rapport au canal principal avec une légère orientation apicale.

La racine mésio-vestibulaire serait la plus affectée par la présence de canaux latéraux (entre 5,05 % et 7,05 %). La prévalence de canaux latéraux est toujours supérieure dans le tiers médian (corps) que dans le tiers coronaire (base) (16). Cette étude ne fait pas de distinction entre les racines mésio-vestibulaire présentant un seul canal et celles avec deux canaux.

1.4.3. Canaux secondaires et accessoires

Les canaux secondaires se détachent du canal principal au niveau de l'apex radiculaire et se terminent dans le desmodonte. Les canaux accessoires quant à eux se trouvent au niveau du tiers apical, partant d'un canal secondaire et se terminant dans le desmodonte.

La racine mésio-vestibulaire des premières molaires maxillaires est particulièrement touchée par l'existence de canaux secondaires et accessoires. Les résultats des études attestent d'une prévalence variant entre 68,2% (17), 73,3% (18) et 80,0% (19).

Selon ces auteurs (17, 18, 19), la racine mésio-vestibulaire comprend plus de canaux secondaires et accessoires que les deux autres racines de la première molaire maxillaire.

De plus, les canaux accessoires sont plus présents dans les racines MV contenant deux canaux que dans celles n'en contenant qu'un seul. En effet, en présence d'un seul canal MV, la prévalence de canaux accessoires est de 26,7% alors que lorsqu'il existe deux canaux dans la racine mésio-vestibulaire, la prévalence de canaux accessoires atteint 34,6% pour le MV1 et 41,6% pour le MV2.

1.4.4. Deltas apicaux

La principale interface entre l'endodonte et le parodonte se trouve au niveau de l'apex.

Il existe différentes configurations du canal principal dans les 3 derniers millimètres apicaux de la racine mésio-vestibulaire :

- Un foramen apical unique (de 15,0% (19) à 53,7% (20)).
- Deux foramina apicaux, correspondant aux deux canaux mésio-vestibulaires principal et secondaire (de 23,0% (18) à 50,0%(17)).
- Trois foramina apicaux : (de 9,1% (18) à 20,0% (17)).
- Un delta apical correspondant à un réseau de fins canalicules secondaires et accessoires, découlant du canal principal dans sa partie la plus apicale, se dirigeant vers le parodonte et formant un entonnoir pouvant être assimilé au delta du Nil (De 4,5% (18) ; à 40,0% (19)).

1.4.5. Boucles canalaire

Vertucci (16) définit la boucle canalaire, ou « canal loop », comme étant une ramification du canal principal, suivant son propre chemin dans la dentine et finissant son trajet dans le même canal.

Spagnuolo & coll. (17) met à jour sur 22 premières molaires maxillaires étudiées, deux boucles canalaire dans le réseau canalaire des racines mésio-vestibulaires (fréquence de 9,09%)

1.5. Variations de morphologie liées aux critères propres à l'individu

Il existe un large éventail de variations parmi les études référencées sur l'anatomie de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire.

Plusieurs facteurs contribuent à cette variabilité :

- D'une part, les divergences anatomiques intrinsèques, propres à chaque individu, corrélées à des facteurs tels que l'âge, le genre ou l'origine ethnique du patient.
- D'autre part, l'ensemble des critères et limites propres à chaque étude, dont il convient de débattre.

1.5.1. Age du patient

Une véritable corrélation peut être suggérer entre la présence du MV2 et l'âge du patient selon une étude brésilienne (21). Les auteurs tirent un constat : la prévalence du second canal mésio-vestibulaire diminue avec l'âge du patient. Cela serait dut au rétrécissement canalaire.

Il existe deux théories pour la cause du rétrécissement canalaire.

Hess (6) explique l'apposition dentinaire continue comme un processus physiologique :

- Avant 20 ans, selon Hess la maturation de l'anatomie canalaire n'est pas terminée et s'il y a bien la présence d'un canal MV2 il n'est pas encore scindé du canal MV1.
- Le canal large se divise entre 20 et 40 ans en deux canaux distincts, du fait de l'apposition dentinaire contre les parois canalaires, au niveau de l'isthme médian. Le second canal mésio-vestibulaire aura une plus grande prévalence dans cette tranche d'âge.
- Après 40 ans, le phénomène d'apposition dentinaire se poursuit et on arrive à l'oblitération du second canal mésio-vestibulaire jusqu'à quasiment sa disparition. La prévalence diminue à nouveau.

Pour *Barrett (22)* l'âge n'est pas en soi un facteur de variation du nombre de canaux. Selon lui, la morphologie canalaire résulte d'un processus embryologique prédéfini, pouvant être modifié par des agressions environnementales telles que les lésions carieuses, les traumatismes ou encore les soins conservateurs. Le nombre de canaux de la molaire maxillaire est défini génétiquement et seule une agression chronique d'origine environnementale provoque une mortification pulpaire anticipée et peut oblitérer le second canal mésio-vestibulaire.

Dans une étude américaine de 1987 (23) un auteur fait la synthèse des deux théories précédentes, en soutenant que la diminution de prévalence du second canal mésio-vestibulaire s'explique :

- d'une part, par un processus de sénescence pulpaire physiologique.

- d'autre part, par des facteurs environnementaux tels que «les traumatismes, caries ou procédures restauratrices, qui peuvent augmenter la quantité de dentine tertiaire formée au sein du réseau canalaire, pouvant altérer parfois son anatomie.

Cette théorie est corroborée dans une étude de 1993, *Thomas & coll. (24)* ont analysé la morphologie de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire à différents âges afin de déterminer la calcification physiologique subit par le système canalaire de cette racine.

Ils ont montré que toutes les racines mésio-vestibulaires des patients de 8 ans présentaient un seul canal avec un étranglement central mésio-distal et une forme ovalaire, voir oblong. La forme de ce canal suit celle de la racine mésio-vestibulaire qui elle-même présente une morphologie ovalaire, avec un rétrécissement mésio-distal au centre.

Dès 10 ans environ, un double rétrécissement se forme, d'une part dans la dimension mésio-distale, à l'origine d'un étranglement central ; d'autre part dans la dimension palatine.

Entre 10 et 12 ans, des racines à 2 canaux apparaissent du fait d'un processus de calcification progressif des parois mésiales et distales du canal, formant un étranglement divisant le canal unique en deux canaux distincts. Il se rajoute une calcification palatine, rendant le MV2 plus fin, jusqu'à provoquer sa disparition.

Ce processus physiologique se continue tout au long de la vie de l'individu et peut être accentué par des agressions extérieures.

Cette étude tend à corroborer les propos de nombreux auteurs qui affirment que le second canal mésio-vestibulaire est issu d'un canal unique dont la division est issue d'un processus physiologique due en grande partie à la forme pincée mésio-distale de la racine abritant ce canal.

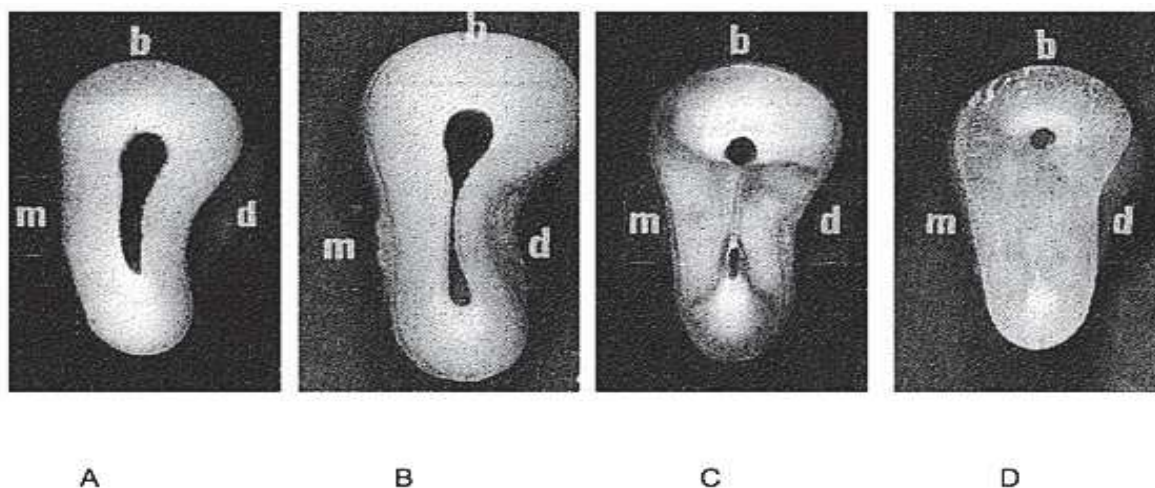


Figure 14: Photographies témoignant de l'évolution progressive de la configuration canalaire de la racine MV de premières molaires maxillaires au fil du temps. (a) 8 ans (b) 10 ans (c) 12 ans (d) 65 ans

(THOMAS & COLL., 1993)

1.5.2. Sexe du patient

Le sexe du patient ne semble pas influencer sur la prévalence du MV2 de la première molaire maxillaire.

1.5.3. Ethnie du patient

Depuis l'étude de *Tratman* (25), la population mongole est un exemple connu du lien flagrant entre génétique et anatomie dentaire. Ce peuple est atteint de taurodontisme : les molaires sont caractérisées par une couronne longue et volumineuse, semblant se développer au dépend de racines courtes, peu développées, avec peu de canaux accessoires mais de nombreux foramina apicaux.

L'ethnicité (25) n'influe pas sur la prévalence du second canal mésio-vestibulaire des premières et deuxièmes molaires maxillaires.

En revanche, les configurations canalaire de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire diffèrent selon l'ethnie étudiée :

La population asiatique présente une configuration de type IV prédominante dans 44 % des cas selon Alavi (12) prédominante (2-2).

Les populations occidentale et moyen-orientale arborent une configuration de type I prédominante dans 45 % des cas (1-1) (16).

2. Localisation radiologique du second canal mésio-vestibulaire

2.1. La radiographie conventionnelle

Dans le traitement endodontique, la qualité et la quantité des informations obtenues à partir des examens radiographiques est très importante parce qu'elle affecte le diagnostic, la planification du traitement, et le pronostic.

2.1.1. Principe de la radiographie rétro-alvéolaire

La radiographie pré-opératoire est un pré-requis avant réalisation de la cavité d'accès. Si l'Agence nationale pour le développement de l'évaluation médicale (ANDEM) recommande la prise minimale d'un cliché, nous pensons que la réalisation d'une radiographie unique n'est pas assez informative.

Nattress (26) a montré que l'utilisation de la Fast Break Guideline (c'est-à-dire la disparition brusque de l'image canalaire observée sur le cliché notamment quand un canal se divise en deux canaux distincts plus petits) sur la base d'un seul cliché rétroalvéolaire aboutit à une sous-estimation du nombre de canaux dans un tiers des cas.

Pour renseigner sur l'aspect tridimensionnel du volume pulpaire et de la configuration canalaire, au moins deux radiographies prises selon la technique des plans parallèles (une incidence orthogonale et une excentrée) sont nécessaires. La radiographie excentrée projette l'objet le plus vestibulaire dans la direction opposée à celle du tube radiographique. *Martinez & coll. (27)* a montré qu'une angulation du tube de 15 à 20° dans le plan horizontal est en règle générale suffisante pour nous informer sur la configuration canalaire. Cela permet d'augmenter le nombre de 2^{èmes} canaux trouvés dans le cas de prémolaires maxillaires où les canaux peuvent apparaître superposés (pas d'étude réalisée sur les molaires maxillaires). Une inclinaison dans le plan vertical n'augmente pas le nombre de détections au niveau des canaux apparaissant superposés.



*Figure 15: Radiographie rétroalvéolaire argentique des molaires maxillaires selon une incidence orthocentrée (flèche montrant le processus zygomatique)
(WALTON, 1973)*

Avec une incidence méso-centrée, les auteurs constatent que le processus zygomatique du maxillaire est déplacé loin en distal et que la racine disto-vestibulaire se dissocie de la racine palatine ; les trois racines sont alors bien visibles.



*Figure 16: Radiographie rétroalvéolaire argentique des molaires maxillaires selon une incidence méso-centrée (flèche montrant le déplacement en distal du processus zygomatique)
(WALTON, 1973)*

L'incidence disto-centrée peut être utilisée pour isoler la racine méso-vestibulaire de la première molaire maxillaire. L'anatomie de cette racine est clairement discernable, même si la déformation augmente aussi. C'est la meilleure incidence pour objectiver le second canal méso-vestibulaire. Les deuxième et troisième molaires maxillaires sont libérées de l'image du processus zygomatique de l'os maxillaire.



Figure 17: Radiographie rétroalvéolaire argentique des molaires maxillaires selon une incidence disto-centrée. Le processus zygomatique, projeté en mésial, est signalé par une flèche blanche.
(WALTON, 1973)

Le cliché rétro-alvéolaire est d'une aide inestimable dans les cas de retraitement. L'apparence excentrée d'un canal obturé sur une racine doit faire suspecter l'existence d'un canal non-traité.

Un troisième cliché, cette fois rétrocoronaire peut nous renseigner sur le volume de la chambre pulpaire, l'existence de calcification intrapulpaire et l'importance des convexités proximales des parois.

Enfin, l'utilisation d'un angulateur est indispensable pour garantir l'absence de distorsion de l'image obtenue et permettre des mesures directes sur le film.

Si les radiographies rétroalvéolaire ne permettent pas d'identifier directement le second canal, la mise en évidence d'un dédoublement ligamentaire sur la partie distale de la racine mésio-vestibulaire de la molaire maxillaire suggère fortement sa présence.

2.1.2. Les limites de la radiographie conventionnelle

Les limites de l'imagerie radiographique conventionnelle en dentisterie peuvent être attribuées à plusieurs facteurs (28) :

2.1.2.1. Compression des structures tridimensionnelles

La radiographie classique comprime les structures tridimensionnelles sur une image bidimensionnelle. La radiographie fournit une visualisation de l'anatomie dans le plan mésio-distal, mais permet une très faible appréciation des structures dans le plan vestibulo-lingual.

La compression de l'anatomie tridimensionnelle associée à la radiographie conventionnelle empêche souvent une appréciation précise de la relation spatiale des racines à l'anatomie environnante, ainsi que toutes les lésions péri-apicales associées. La performance diagnostique est par conséquent affaiblie (28).

L'incidence ortho-centrée fournit peu d'informations quant à l'anatomie radiculaire des molaires maxillaires : en effet, le plancher du sinus maxillaire se superpose sur les apex des premières et deuxième molaires maxillaires. Aussi, l'image du processus zygomatique du maxillaire dissimule l'apex de la racine palatine et la racine disto-vestibulaire recouvre la racine palatine.

Des changements de l'angulation horizontale du faisceau de rayons X par rapport à la zone d'intérêt ont cependant contribué à améliorer la profondeur de perception et l'appréciation des relations spatiales dans l'imagerie radiographique dentaire (28).

2.1.2.2. Distorsion géométrique

Pour obtenir des images parallèles, le récepteur d'image doit être positionné parallèlement à la dent étudiée et le faisceau de rayons X doit être perpendiculaire aux deux. Du fait des limites anatomiques de la cavité buccale, cet idéal est rarement atteint, malgré la disponibilité de supports de films parallèles. L'utilisation de récepteurs d'image rigides, tels que ceux utilisés avec des systèmes numériques, ajoute de la difficulté. On peut s'attendre à un grossissement minimal de 5% de l'objet radiographié dans l'image finale, même lorsque le parallélisme est parfaitement exécuté (29). Ceci est dû à la séparation inévitable entre le récepteur d'image et l'objet, et à la nature divergente du faisceau de rayons X pendant l'imagerie. Le résultat final fait que la géométrie de la zone évaluée est rarement reproduite avec une exactitude totale en utilisant la radiographie intrabuccale conventionnelle.

2.1.2.3. Artefacts anatomiques (anatomical noise)

Au cours de l'imagerie radiographique conventionnelle, l'anatomie interne ou externe est projetée sur la zone d'intérêt et peut nuire à la visualisation de l'objet et compliquer l'interprétation de la radiographie. Ces interférences anatomiques peuvent varier en radiodensité et sont appelées « anatomical noise ».

2.1.2.4. Perspectives temporelles

Les radiographies péri-apicales intra-orales d'une zone ou d'une dent particulière doivent être comparées au fil du temps pour évaluer le développement ou la progression d'une maladie. Les radiographies doivent être normalisées en fonction de l'angle du faisceau des rayons X, de la distance entre l'objet et le récepteur de l'image et de tous les paramètres d'exposition au rayonnement. De plus, la relation de position entre le récepteur d'image et l'objet doit être reproduite pour chaque radiographie. Toutes les variables, autres que celle sous investigation (c'est-à-dire le processus pathologique) doivent donc être maintenues constantes. Les radiographies mal normalisées peuvent entraîner une mauvaise interprétation de l'apparition ou de la progression de la maladie. Cependant, même lorsque des mordus fait sur mesure sont adaptés au dispositif parallèle et utilisés pour prendre des radiographies en série, les images ne seront jamais identiques.

2.2. La tomographie volumique à faisceau conique (TVFC) ou Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

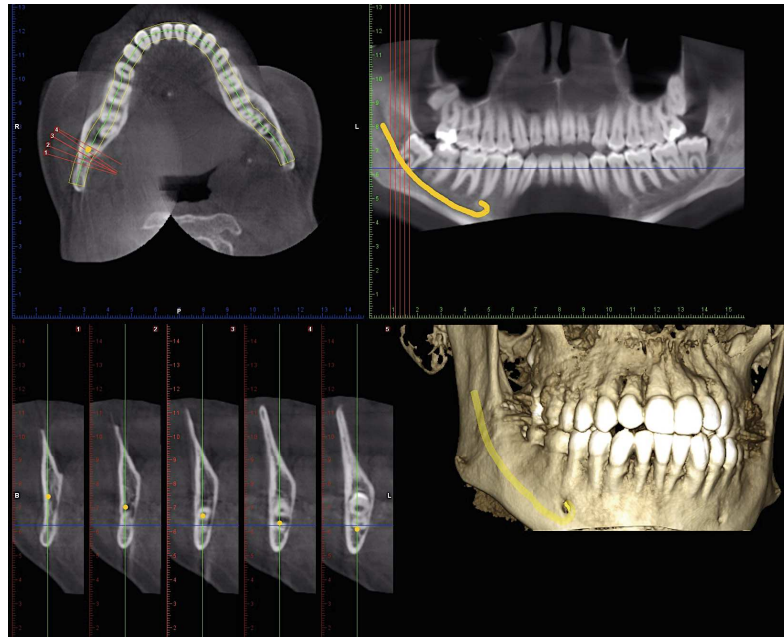
2.2.1. Principe du CBCT

La tomographie volumique à faisceau conique ou Cone Beam Computed Tomography (CBCT) est un procédé radiologique dédié à l'analyse 3D des tissus durs (os et dents). Elle permet d'obtenir des images 3D à un moindre coût et d'avoir moins de radiations qu'avec un scanner conventionnel (29).



Figure 18: Photo du Planmeca ProMax 3D Max
([HTTP://WWW.PLANMECA.COM](http://www.planmeca.com))

À partir d'une seule acquisition, on dispose de différentes vues sur une même image, à savoir des coupes frontales, sagittales et coronales obliques, ce qui représente un avantage indéniable du CBCT. Les images sont obtenues à partir d'un voxel isotropique, ce qui permet d'acquérir, en terme de grossissement, des images dont le ratio est de 1 : 1. Une très grande exactitude est donc obtenue dans tous les domaines de l'odontologie.



*Figure 19: Images provenant d'un examen dentaire au CBCT
(BELLAICHE, 2014)*

Le CBCT est considéré comme la meilleure option pour les cliniciens, à condition de l'utiliser dans les principes de justification et d'optimisation définis par l'article L1333-1 du code de Santé Publique (30). Aujourd'hui, l'attention est portée sur les applications cliniques, le diagnostic, le traitement et le suivi thérapeutique que peut amener le CBCT dans les différentes disciplines odontologiques. Si l'implantologie a été pionnière dans le domaine de l'imagerie sectionnelle, il n'en reste pas moins que cette imagerie peut et doit être utilisée dans les autres domaines de l'odontologie : parodontologie, endodontie, chirurgie, orthodontie.

Bien que la qualité de l'image soit difficile à définir et quantifier et que son estimation reste subjective, le CBCT a une résolution spatiale et une fiabilité qui semblent comparables à celle du scanner pour explorer des structures minéralisées telles que l'os ou les dents. Il peut donc être utilisé pour identifier des fractures, des kystes ou lésions osseuses ou la présence de corps étrangers. En revanche, il ne permet pas la mesure réelle des densités (31).

Un examen CBCT ne peut être envisagé qu'après réalisation d'un examen clinique complet et évaluation de radiographies conventionnelles.

Un examen CBCT ne doit être considéré que si les informations supplémentaires provenant d'images tridimensionnelles reconstruites peuvent potentiellement aider à formuler un diagnostic ou améliorer la prise en charge d'une dent présentant un ou des problèmes endodontiques (31).

Selon le UNSCEAR (Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants), dans le monde entier le rayonnement de fond (background radiation) moyen est d'environ 2,4 mSv (2400 LSV) par an, soit environ 6,7 LSV par jour. Par conséquent, une radiographie panoramique équivaldrait à un peu plus de deux jours de rayonnement de fond tandis que pour le CBCT cela serait équivalent à 5,2 jours de rayonnement de fond.

2.2.2. Avantages du CBCT

2.2.2.1. Facilité de visualisation des structures anatomiques

La production d'images tridimensionnelles permet une appréciation complète de l'anatomie et des relations spatiales des différentes structures anatomiques. Des tranches de données volumétriques peuvent être choisies par le clinicien et visualisées dans les plans orthogonaux et non orthogonaux (32).

Les mesures guidées par le curseur permettent d'effectuer des évaluations dimensionnelles. Des zones spécifiques peuvent être agrandies et des annotations peuvent être ajoutées.

2.2.2.2. Absence d'artefacts anatomiques

La précision géométrique tridimensionnelle du CBCT a été confirmée à plusieurs reprises (33).

Les images sont géométriquement précises avec des mesures exemptes de distorsion, ceci dans tous les plans.

2.2.2.3. Exposition réduite et qualité d'image supérieure

La variation des paramètres d'acquisition entraîne des différences significatives dans la qualité de l'image obtenue. Il est donc important de pouvoir sélectionner les paramètres qui permettent de minimiser la dose de rayonnement délivrée au patient tout en obtenant une qualité d'image suffisante pour l'application sélectionnée.

La dose délivrée par les appareils CBCT est inférieure à celle du scanner mais demeure significativement plus élevée que celle de la radiographie dentaire conventionnelle, panoramique et intra-orale. Les doses peuvent considérablement varier de 1,5x à 12x inférieurs par rapport au scanner et de 4x à 42x supérieurs par rapport au panoramique selon les appareils et les champs utilisés (31).

Le CBCT présente une qualité d'image supérieure dans l'évaluation des tissus durs dentaires et des os par rapport à la radiographie conventionnelle.

Le volume de données spécifique (FOV) ou « le champ de vision » peut être diminué ce qui rend l'exposition au rayonnement moins importante pour le patient. Seule la zone d'intérêt sera exposée aux rayonnements. La taille du « champ de vision » (FOV) varie entre les scanners CBCT, de 3 à 4 cm à 20 cm. Certains scanners CBCT ont un FOV fixe alors que d'autres ont la possibilité de changer le FOV.

De la même façon, certains appareils programmés sur mode ultra (haute résolution et champ maximal) procurent des doses proches des scanners optimisés.

2.2.2.4. Diminution de la longueur de l'examen radiographique

Les temps de balayage réalisables avec le CBCT sont courts et comparables avec la radiographie panoramique. Cela est bénéfique et réduit la probabilité de mouvement du patient pendant le balayage.

2.2.2.5. Prix en comparaison d'un scanner

Le matériel CBCT est beaucoup plus petit et moins coûteux que les machines CT. Par conséquent, le CBCT est plus adapté pour une utilisation en cabinet dentaire (34).

2.2.3. Limites du CBCT

2.2.3.1. Artefact d'écrasement

L'imagerie par tomодensitométrie à faisceau conique est parfois affectée par des artefacts radiographiques liés au faisceau de rayons X, notamment lorsque le faisceau rencontre un objet de densité très élevée, tel que des restaurations céramiques ou métalliques. Ce phénomène produit deux types d'artefacts : la distorsion des structures métalliques, appelée « artefact d'écrasement », et l'apparition de stries et de bandes sombres entre deux structures denses. Ces artefacts peuvent réduire le rendement diagnostique des images.

2.2.3.2. Résolution spatiale

La résolution spatiale du CBCT est d'environ 2 paires de lignes par mm^{-1} et est inférieure à la radiographie dentaire classique, qui a une résolution spatiale de l'ordre de 15-20 paires de lignes par mm^{-1} .

2.2.3.3. Augmentation de la dose efficace

La dose efficace du CBCT est généralement supérieure à celle de la radiographie intrabuccale classique. Cependant, cet écart se rétrécit continuellement. À termes, la dose efficace du CBCT s'approchera de celle de la radiographie périapicale.

2.2.4. Apports du CBCT dans la pratique de l'endodontie par rapport à l'imagerie conventionnelle

Dans la pratique clinique quotidienne, il y'a certains cas où la radiographie intra-orale classique et/ou la radiographie panoramique seule ne fournit pas suffisamment d'informations sur les conditions pathologiques, les formes et les structures anatomiques, et les relations anatomiques (35).

Du fait d'une dose ionisante augmentée par rapport à l'imagerie 2D, le CBCT doit être justifié par un bénéfice bien définissable pour le patient pris en charge pour un problème endodontique. Le praticien doit avoir une discussion avec le patient sur les bénéfices et risques de cette imagerie et pour avoir le consentement du patient avant la réalisation de l'examen (36)

2.2.4.1. Réglages des paramètres du CBCT pour son application endodontique

Seule une FOV limitée est utilisable à des fins endodontiques, car elle limite l'irradiation à la région d'intérêt (37). Ce faisant, la dose efficace pour le patient est réduite, et les images reconstruites ont typiquement une résolution spatiale plus élevée que les champs de vision FOV plus grands. Dans la mesure du possible, le mA et les temps d'exposition devraient également être réduits. L'exploration endodontique exige une précision et une définition nécessitant une forte résolution spatiale.

Il a été suggéré que les petites unités FOV sont mieux adaptées à l'endodontie parce que les petites tailles de voxel conduisent à des images de haute résolution.

2.2.4.2. Cas endodontiques définis par le SEDENTEXCT où le CBCT peut s'avérer utile

Selon une enquête de l'AAE et de l'AAOMR datant de 2015 (38), le CBCT peut être utilisé en endodontie lorsque les informations fournies par la clinique et la radiologie conventionnelle ne sont pas suffisamment contributives au diagnostic et qu'une image tridimensionnelle est indispensable. Le recours à l'imagerie CBCT ne saurait se justifier s'il n'améliore pas dans ces cas précis la prise en charge et le pronostic de la dent :

- Diagnostic des signes radiographiques de pathologie périapicale en présence de signes et/ou de symptômes contradictoires.
- Diagnostic et/ou prise en charge de traumatismes dento-alvéolaires complexes, tels que des luxations sévères, une fracture suspecte, des fractures alvéolaires supérieures et des fractures de racines horizontales, qui ne peuvent être facilement évaluées avec la radio conventionnelle.
- Diagnostic dans le cas où la radiographie conventionnelle est dans l'incapacité à déterminer en toute confiance l'étiologie de la pathologie endodontique.
- Evaluation de la complexité des canaux radiculaires des dents antérieures mandibulaires, molaires maxillaires et mandibulaires avant prise en charge endodontique, ainsi que pour les canaux calcifiés.
- Evaluation de l'anatomie des canaux radiculaires extrêmement complexes dans le cas du retraitement endodontique par voir orthograde.
- Evaluation des fractures radiculaires verticales pouvant expliquer la non-guérison d'un traitement endodontique.
- Evaluation des complications du traitement endodontique tel que l'obturation excessive, les fractures instrumentales et les perforations.
- Évaluation et/ou gestion des résorptions internes ou externes, qui semble être potentiellement traitable cliniquement.
- Évaluation pré-chirurgicale avant chirurgie péri-radiculaire complexe (notamment aux niveaux des dents postérieures).

2.2.5. Apports du CBCT sur l'anatomie canalair

La non visualisation de la morphologie réelle peut engendrer des difficultés pendant le traitement telles que la formation de butées, de fausses routes ou même de perforations, compromettant

potentiellement le résultat du traitement. La disponibilité de ces informations préopératoires réduit les risques qu'une difficulté se produise et donc augmente le pronostic du traitement endodontique.

L'étude de *Michetti & coll (39)* a montré que le CBCT est un outil fiable pour explorer l'anatomie du canal radiculaire. Cette étude a comparé le CBCT avec des coupes histologiques vues sous microscope optique. Il a été trouvé une forte à très forte corrélation entre les images de l'anatomie provenant du CBCT et les coupes histologiques (zone de $r = \text{diamètre } 0,928$ et $r = 0.890$).

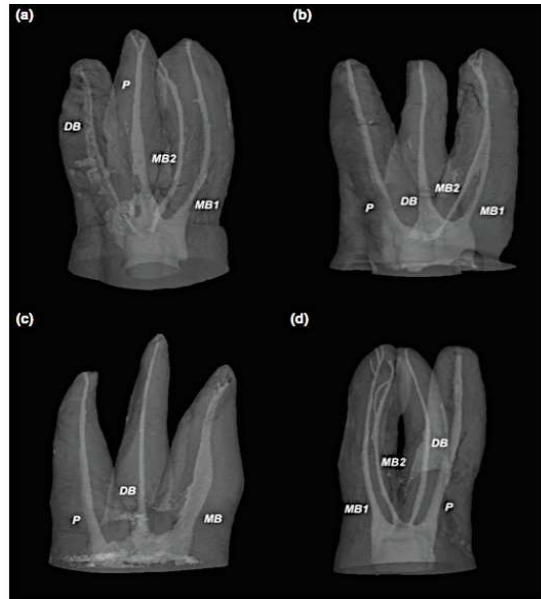


Figure 20: Exemples de reconstitution d'une première molaire obtenue à partir d'images provenant d'un CBCT montrant l'aire canalaire du canal MV1 (MB1) MV2 (MB2) disto-vestibulaire (DB) et palatin (P)

(MICHETTI, 2010)

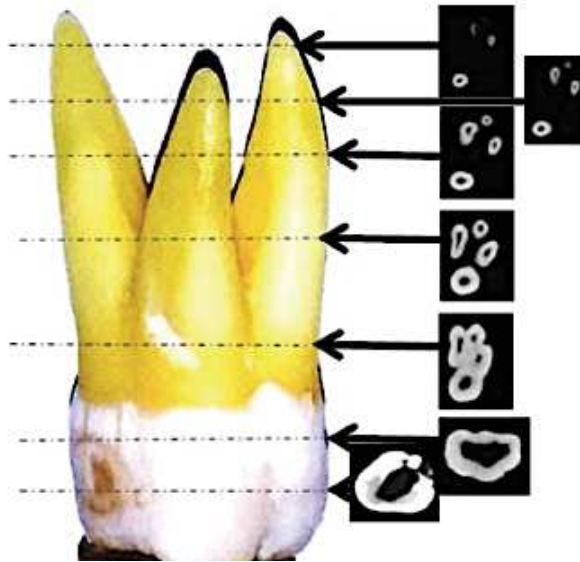


Figure 21: Série d'images provenant d'un CBCT d'une première molaire maxillaire représentant l'anatomie interne et les variations anatomique dans différents niveaux canalaires (ALRAHABI, 2015)

Une étude clinique réalisée par *Cotton & coll (40)* a montré l'utilité de l'imagerie tridimensionnelle pour détecter un canal oublié notamment dans le cas de dents déjà traitées.

L'étude de *Matherne & coll (41)* montre que les radiographies conventionnelles n'ont pas permis d'identifier la présence d'un canal radiculaire supplémentaire dans 40% des cas alors que le CBCT a permis de trouver ce canal supplémentaire dans quasiment 100 % des cas.

Cette supériorité du CBCT par rapport à la radiographie conventionnelle pour détecter la présence de canaux supplémentaires a été confirmée par *Patel & coll (32)* qui montrent que près de 40% des canaux radiculaires n'étaient pas détectés par la radiologie numérique même avec la méthode des plans parallèle.

2.2.6. Apport du CBCT pour la localisation du MV2

Une étude réalisée sur racines reséquées de molaires maxillaires (42) a montré, après analyse CBCT la présence d'un MV2 dans 90% des cas, et une intercommunication canalaire entre MV1 et MV2 dans 50% des cas.

L'intégration à la classification de Weine et de Vertucci n'a pu être réalisée que dans 60% et 70 % des cas respectivement. Les auteurs de l'étude en ont conclu que l'analyse micro tomographique permet un examen plus complet de la complexité anatomique de la première molaire maxillaire et

que les classifications de Weine et Vertucci reflètent difficilement la réalité de la complexité anatomique.



*Figure 22: Vue axiale démontrant la présence d'un MV2 dans la molaire maxillaire droite
(RATHI, 2010)*

Dans une étude *in vitro*, *Blattner & coll (43)* ont comparé le taux de localisation du MV2 sur des molaires maxillaires, entre une radiographie conventionnelle, un CBCT et des sections histologiques (considérées comme la méthode gold standard). Ils ont montré que le taux de localisation avec le CBCT (79 %) était quasiment identique à celui obtenu avec la méthode gold standard (81 %), ce qui les a amenés à conclure que le CBCT est une méthode fiable pour la localisation du MV2.

Une étude *in vivo* utilisant le CBCT et réalisée par *Reis & coll (44)* a montré que la prévalence des canaux MV2 diminuait à proximité du tiers apical des racines mésiaux-vestibulaires. Ces données peuvent s'expliquer par le fait que dans 50 % des cas le MV2 rejoint le MV1 notamment dans le tiers médian de la racine mésio-vestibulaire (42).

Une revue de la littérature réalisée par *Vizzotto & coll (45)* et portant sur l'utilisation du CBCT dans la localisation du MV2 a supposé que la réalisation d'un CBCT pourrait être un atout important dans l'évaluation pré-endodontique (taux de localisation moyen dans les différentes études 67 %).

Les auteurs de cette revue n'ont cependant pas pu conclure du fait de la très grande hétérogénéité des études et des CBCT utilisés.

Malgré l'absence d'étude à haut niveau de preuve, nous pouvons en déduire au vu de la multitude d'études à bas niveaux de preuves, que le CBCT est un outil très intéressant pour la localisation radiologique du MV2 et dont le taux de détection est proche de 100% notamment dans les études *in vitro*.

Mais aucune étude ne porte sur le diamètre canalaire jusqu'à lequel le MV2 est visible sur une coupe de CBCT. En effet parfois des canaux en cours de calcification et présentant un diamètre très réduit ne sont pas détectable sur un CBCT mais bien visible en coupe histologique.

Ce qui nous renvoie comme à l'étude de Cleghorn et au problème de définition d'un canal et qui peut expliquer les taux de détection différents entre les études. La plupart des auteurs ne donnent pas leurs définitions d'un canal.

2.2.7. Amélioration du pouvoir diagnostique des lésions inflammatoires péri-radicaux d'origine endodontique (LIPOE)

Cotton & coll (40) dans leur étude CBCT, ont découvert que sur 39 premières molaires maxillaires observées, 30 (77%) avaient un MV2.

En tout, 27 (70%) de ces MV2 avaient été manqués et étaient restés vacants.

De plus 22 dents (56%) présentaient des LIPOE parmi celles avec un MV2 non traités (27 MV2).

En 2006, *Huumonen & coll. (46)* dans leur étude réalisée sur 39 molaires maxillaires présentant des signes cliniques d'une parodontite apicale aiguë, les a soumis à une imagerie bi-dimensionnelle classique et à une imagerie tridimensionnelle. Ils en sont venus à ces résultats :

- Présence de LIPOE sur 33 dents pour l'imagerie 2D et sur 38 pour l'imagerie 3D
- 30 dents présentaient un MV2, dont 27 n'étaient pas traités (au CBCT).
- Les 3 molaires dont le MV2 avait été traité, présentaient des LIPOE en regard des racines disto-vestibulaires ou palatines.
- 22 des 27 molaires dont le MV2 n'a pas été traité présentaient une radio-clarté en regard de l'apex de la racine mésio-vestibulaire.

On peut en déduire que :

- La CBCT présente une meilleure sensibilité au diagnostic des LIPOE.

- Dans cette étude, le défaut de traitement du MV2 a conduit à la formation d'une d'une parodontite apicale aigüe dans 22 cas sur 27.

Il aurait été judicieux de déterminer la configuration canalaire des 27 racines mésio-vestibulaires dont les MV2 n'ont pas été traités, pour confirmer ou infirmer notre supputation selon laquelle un MV2 indépendant jusqu'à l'apex serait plus enclin à provoquer une parodontite apicale aigüe qu'un MV2 fusionnant avec le MV1 avant l'apex.

En conclusion, l'imagerie CBCT permet de diagnostiquer un plus grand nombre de LIPOE. Le CBCT permet également d'attribuer, de manière fiable, de nombreuses LIPOE au MV2.

Une étude finlandaise (46) a montré que le taux de détection du MV2 avec le CBCT était réduit quand le MV1 était obturé. En cas de retraitement endodontique de premières molaires maxillaires, il est par conséquent indiqué de réaliser la désobturation du MV1 avant utilisation du CBCT.

En cas de retraitement endodontique, les conditions optimales pour la localisation du MV2 sont donc de réaliser la désobturation endodontique des différents canaux, puis de réaliser un examen clinique de la cavité d'accès et enfin d'effectuer le CBCT pour vérifier la présence effective du canal MV2.

3. Localisation clinique de l'orifice du second canal mésio-vestibulaire et caractéristiques du trajet canalaire

3.1. Considérations anatomiques de la chambre pulpaire

Elément-clé d'un traitement endodontique, la localisation des entrées canalaire peut représenter une difficulté engageant défavorablement le pronostic du traitement. Si l'impossibilité à localiser l'orifice canalaire empêche techniquement la conduite du traitement endodontique, sa recherche de manière inconsidérée peut aller jusqu'à créer des dégâts irréversibles sur la dent, tel que des perforations ou des fausses routes canalaire.

3.1.1. Anatomie de la chambre pulpaire

La morphologie interne de la chambre pulpaire reproduit de manière réduite et quasi homothétique la morphologie externe de la couronne dentaire. Cliniquement, la chambre pulpaire est la partie de l'espace pulpaire située 1 à 2 mm de part et d'autre de la jonction amélo-cémentaire, La chambre pulpaire est délimitée latéralement par des parois, coronairement par un plafond et apicalement par le plancher pulpaire, ceci au niveau des dents pluriradiculées. Apicalement, la chambre pulpaire s'ouvre sur le ou les canaux radiculaires au niveau d'un orifice marquant une démarcation qui n'est que descriptive et thérapeutique.



*Figure 23: Vue externe d'une molaire maxillaire
(BRONNEC, 2005)*

Au niveau des molaires, les parois dentinaires (y compris le plafond et le plancher) sont convexes en tous sens et confèrent à la chambre pulpaire un aspect « pincé », avec une forme d'entonnoir au niveau des orifices canaux. Les différences de couleur des structures constituant la chambre pulpaire dressent une véritable carte menant aux orifices canaux.

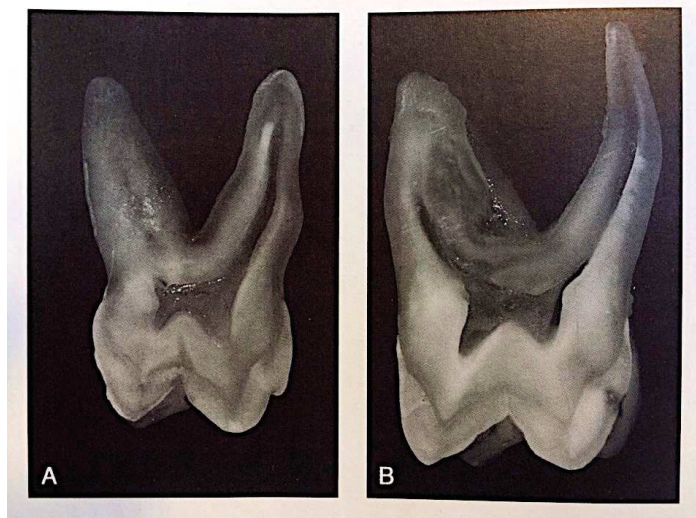


Figure 24: Coupes vestibulo-palatines d'une molaire maxillaire, vue distale (A) et vue mésiale (B)
(WOEFLEL & SCHEID, 2007)

Les quatre cuspidés (mésio-vestibulaire, disto-vestibulaire, mésio-palatine et disto-palatine) ont leur équivalent pulpaire, tout comme le tubercule de Carabelli quand il est présent. La forme du plafond pulpaire est quadrilatérale ou pentagonale.

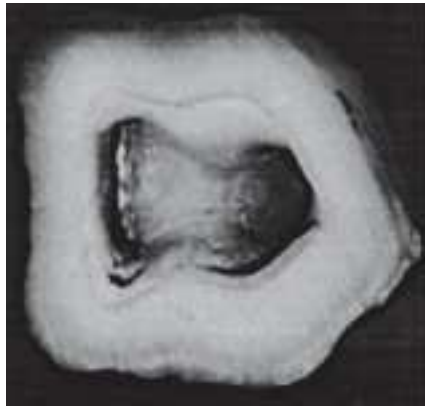
La chambre pulpaire présente un diamètre réduit dans le sens mésio-distal (8 mm au collet) en comparaison du sens vestibulo-palatin (11,3 mm)

3.1.2. Les 6 lois de Krasner et Rankow

Après avoir observé 500 planchers pulpaire de dents extraites, *Krasner & Rankow* (47) ont pu aboutir à une série de « lois » s'appliquant à 95% des dents proposées.

Dans un premier temps sont définies les relations existant entre le plancher pulpaire et la couronne clinique selon 3 lois :

- la loi de centralité : le plancher de la chambre pulpaire est toujours localisé au centre de la dent, à hauteur de la jonction amélo-cémentaire.



*Figure 25: Coupe d'une molaire mandibulaire montrant la centralité de la chambre pulpaire
(KRASNER & RANKOW, 2004)*

- la loi de concentricité : les murs de la chambre pulpaire sont toujours concentriques à la surface externe de la dent, à hauteur de la jonction amélo-cémentaire.



*Figure 26: Coupe d'une molaire mandibulaire montrant la concentricité de la chambre pulpaire
(KRASNER & RANKOW, 2004)*

- la loi de la jonction amélo-cémentaire : la jonction amélo-cémentaire est le repère le plus cohérent et reproductible pour déterminer la hauteur du plancher pulpaire.

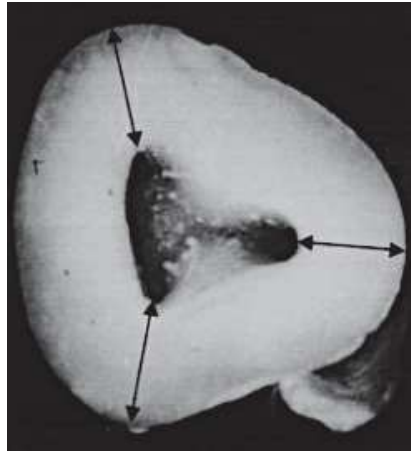


Figure 27: Coupe d'une molaire mandibulaire montrant que la distance séparant les murs de la chambre pulpaire de la surface externe sont égaux au niveau des entrées canalaires (KRASNER & RANKOW, 2004)

Dans un deuxième temps sont définies les lois permettant d'arriver à une localisation des orifices canalaires, grâce à la connaissance et l'analyse de l'anatomie de la chambre pulpaire (47).

1. *Loi de symétrie n° 1* : À l'exception des molaires maxillaires, les orifices canalaires sont équidistants d'une ligne imaginaire partageant le plancher pulpaire en son milieu dans le sens mésio-distal.

2. *Loi de symétrie n° 2* : À l'exception des molaires maxillaires, les orifices canalaires sont situés sur une même ligne perpendiculaire à la précédente.

3. *Loi du changement de couleur* : La couleur du plancher est toujours plus sombre que celle des parois, cette différence de couleur crée une démarcation nette entre le plancher et les parois.

4. *Loi de localisation des orifices n° 1* : Les orifices sont localisés à la jonction des parois et du plancher pulpaires. Les surplombs de dentine secondaire ou tertiaire sont toujours de couleur claire, ils contrastent fortement avec la couleur des parois et plus encore avec celle du plancher et masquent souvent les orifices canalaires.

5. *Loi de localisation n° 2* : Les orifices sont localisés dans les angles de la chambre pulpaire.

6. *Loi de localisation n° 3* : Les orifices sont localisés à l'extrémité des lignes sombres qui parcourent le plancher pulpaire quand elles sont présentes.

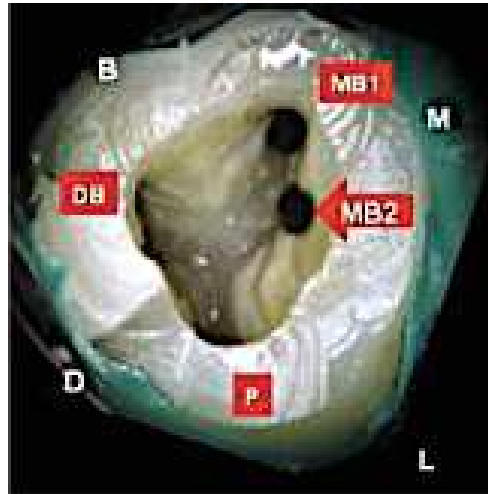


Figure 28: Cavité d'accès d'une première molaire maxillaire montrant 1) la différence de couleur entre les parois et le plancher pulpaire, 2) que les orifices canaux sont à la jonction paroi-plancher, et 3) qu'ils sont localisés dans l'angle de la chambre pulpaire (B: vestibulaire, M: mesial, L: palatin, D: distal)
(BRONNEC, 2005)

3.1.3. Modification de la cavité d'accès (parallélogramme)

La cavité d'accès se définit comme l'ouverture d'une dent pour permettre l'accès au système pulpaire canalaire dans le but de nettoyer, préparer et obturer le système endodontique. La qualité de sa réalisation conditionne les étapes suivantes et la réussite entière du traitement endodontique : « accès rime avec succès » (10).

3.1.3.1. Les objectifs de la réalisation de la cavité d'accès

La réalisation de la cavité d'accès doit être conduite selon les trois objectifs suivants (10) :

- Tous les tissus dentaires, et éventuellement les matériaux d'obturation composant le plafond pulpaire, doivent être supprimés. La cavité doit néanmoins être réalisée à minima et ne pas être trop délabrante.

- La cavité doit avoir quatre parois afin d'assurer un réservoir constant de solution d'irrigation et une bonne assise pour la reconstitution coronaire provisoire. Si nécessaire, une reconstitution pré-endodontique sera systématiquement réalisée avant d'entreprendre le traitement.
- La cavité d'accès idéale doit permettre une inspection visuelle de tous les orifices canaux sans avoir à modifier l'inclinaison du miroir (mise de dépouille des parois). L'accès des instruments dans les canaux doit pouvoir se faire sans interférence dentinaire et/ou amélaire (10).

3.1.3.2. Les étapes de la réalisation de la cavité d'accès

3.1.3.2.1. Matérialisation du toit pulpaire sur la face occlusale coronaire

Dans le but d'effectuer toutes les manœuvres endodontiques sans limite, tout en restant conservateur de tissus dentaires, il convient de matérialiser la projection du plafond de la chambre pulpaire sur la face occlusale de la couronne. La détermination du positionnement des cornes pulpaires se fait à partir des repères anatomiques coronaires invariables suivants :

- Le sillon principal mésio-distal (codifié en vert – Fig. 29)
- Le sillon vestibulaire inter-cuspidien (codifié en orange – Fig. 29)
- La fosse centrale (codifiée selon le point P – Fig. 30)
- L'axe de la face mésiale (codifié en jaune – Fig. 30)
- La pointe cuspidienne mésio-vestibulaire (codifiée selon le point MV - Fig. 30)
- L'axe de la face vestibulaire.

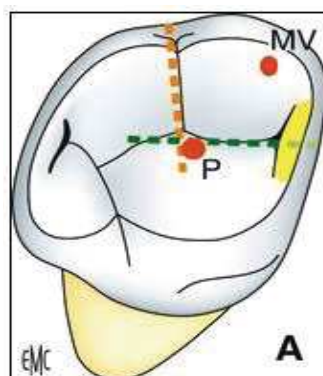


Figure 29 : Repères morphologiques et positionnement des cornes pulpaires palatine (P) et mésio-vestibulaire (MV) sur une molaire maxillaire (SIMON & CTORZA-PEREZ, 2010)

La corne pulpaire palatine se projette sur la face occlusale à proximité de la fosse principale, très légèrement en palatin de cette dernière.

La corne pulpaire mésio-vestibulaire se projette en dedans de la pointe cuspidienne mésio-vestibulaire.

La position de la corne pulpaire disto-vestibulaire est quant à elle plus variable. Pour déterminer sa position, il faut :

- Tracer une première droite passant par les cornes mésio-vestibulaire et palatine.
- Tracer une seconde droite parallèle à la face vestibulaire de la couronne et passant par la corne mésio-vestibulaire.
- Tracer une droite parallèle à la face mésiale et passant par la corne palatine.

Ces trois droites forment un triangle, dont l'angle distal correspond à la position la plus éloignée possible de la corne disto-vestibulaire. Les différentes positions possibles de cette corne se situent toutes sur la hauteur (h) du triangle (Fig. 30).

Plus la dent est distale (deuxième et troisième molaires), plus la corne disto-vestibulaire tend à se rapprocher des deux autres.

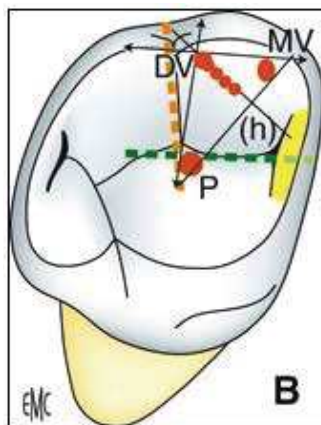


Figure 30 : Positionnement de la corne disto-vestibulaire (DV) et variantes (SIMON & CTORZA-PEREZ, 2010)

3.1.3.2.2. Dessin de la cavité d'accès idéale

La cavité est trapézoïdale, son dessin est guidé par la forme de contour de la dent. Elle englobe l'ensemble des projections des cornes pulpaires sur la face occlusale. Cette cavité idéale est dessinée avec une fraise boule diamantée (diamètre 012 ou 014) sur la face occlusale de la dent. La cavité est située en mésial de la face occlusale, et ne dépasse pas en général le pont d'émail ni la crête

marginale mésiale (48). Il a aussi été démontré que les orifices canaux sont quasiment toujours situés au même endroit si on projette leurs entrées sur la face occlusale. Donc pour la majorité des premières molaires maxillaires la forme de la cavité d'accès devrait être quasi identique. Au moment de la finition et de la relocalisation des entrées canaux, cette cavité peut éventuellement être modifiée. Le canal palatin est en général plus large que les autres.

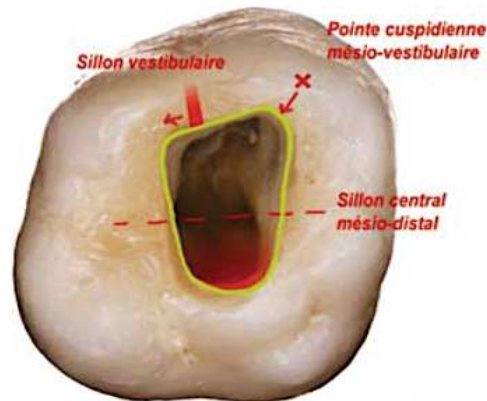


Figure 31: Photo d'une cavité d'accès classique d'une molaire maxillaire montrant les différents repères sur la face occlusale (BRONNEC, 2006)

3.1.3.2.3. Repérage des cornes pulpaires

3.1.3.2.4. Approfondissement

Les molaires maxillaires étant vestibulo-versées, il convient de positionner sa fraise en légère direction palatine, afin d'éviter les erreurs d'axe et de perforation.

Une fois l'effraction pulpaire obtenue, la cavité d'accès est mise de dépouille et les parois sont régularisées.

3.1.3.2.5. Mise en évidence du MV2

C'est uniquement à ce stade que le 4e canal est recherché. Il est également possible de différer cette étape après avoir fait la mise en forme des 3 canaux précédents.

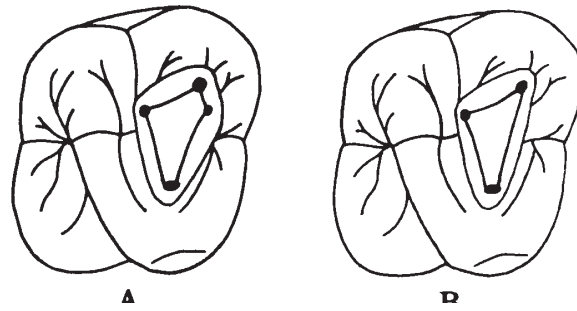


Figure 32: Cavité d'accès modifiée (A) et cavité d'accès classique (B)
(WELLER, 1989)

3.1.3.3. Technique géométrique de Beer & Bauman

Beer & Bauman (49) échafaudent en 2010 une construction géométrique permettant d'imaginer la position du MV2 sur le plancher pulpaire.

- Une première ligne (L1) est tracée visuellement entre l'orifice canalaire mésio-vestibulaire principal (point MV1) et l'orifice canalaire palatin (point P).
- Une deuxième ligne (L2) est tracée perpendiculairement à L1, à un tiers de distance du point MV1 sur le segment MV1-P. L'orifice canalaire de la racine disto-vestibulaire se trouve souvent sur cette ligne (L2).
- Le second canal mésio-vestibulaire (MV2) se trouve à l'intersection de L1 et L2 ou sur une ligne (L3) passant par MV1 et orienté de 10° en mésio-palatin par rapport à L1, à proximité de l'intersection avec L2.

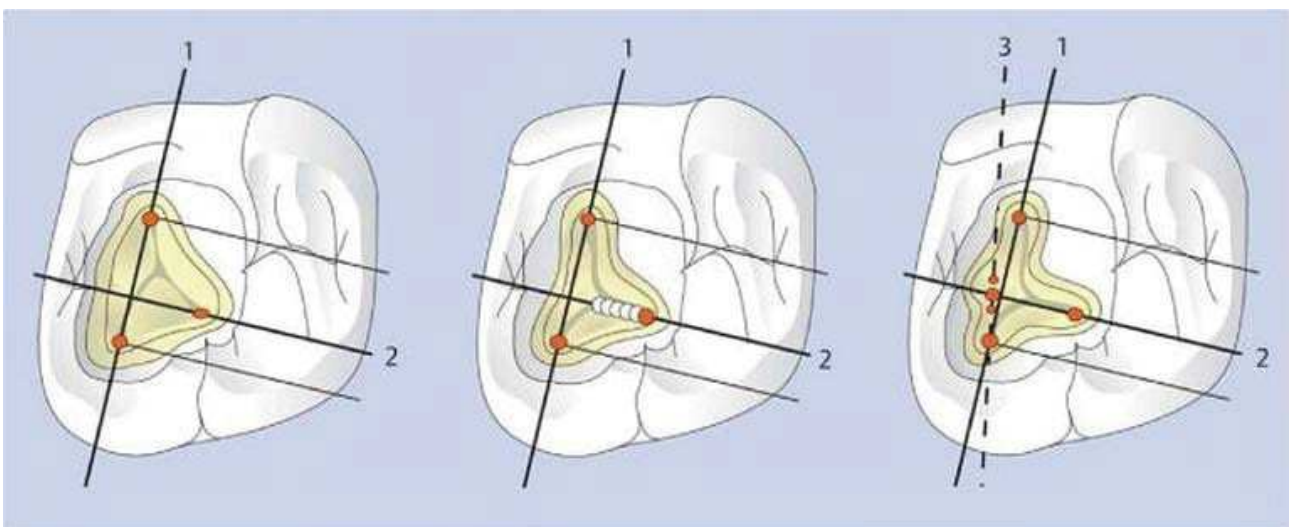


Figure 33 : Schémas de construction de L3, ligne imaginaire sur laquelle est situé le MV2
(BEER & BAUMAN, 2010)

3.1.3.4. Les modifications nécessaires à la recherche du MV2

Pour objectiver l'entrée canalaire du MV2, il faut créer un élargissement plus prononcé de l'angle mésio-vestibulaire de la cavité d'accès en direction mésio-palatine, en inclinant la fraise en mésial. Le MV2 étant mésialement positionné et mésialement incliné, l'élargissement s'effectue parallèlement à la crête marginale mésiale. Il peut être tel que la paroi mésiale peut être enfreinte.

Kulild & Peters (50) montrent que parmi les 95,2 % de MV2 trouvés dans le tiers coronaire, 31,3 % ont été localisés après avoir modifié la cavité d'accès en un parallélogramme.

Weller & Hartwell (51) ajoutent que l'observation minutieuse du sillon s'étendant depuis le MV1 vers le canal palatin augmente le nombre de MV2 découverts et traités.

Une erreur fréquente est de limiter la cavité d'accès à une simple trépanation de la chambre pulpaire réalisée au centre de la face occlusale et étendue dans un deuxième temps en s'appuyant sur le plancher à l'aide d'une fraise conique à extrémité mousse. Les formes ainsi obtenues ne produisent en règle générale qu'un accès restreint aux orifices. Selon *Weller & Hartwell (51)*, il faut au contraire commencer la cavité d'accès des premières molaires maxillaires avec l'objectif final en tête, en dessinant d'emblée la forme de contour idéal au niveau de la face occlusale. Après effraction de la chambre au niveau d'une des cornes pulpaires, il faut ensuite supprimer complètement le plafond pulpaire et mettre de dépouille de la cavité, ce qui permet alors un accès visuel direct aux orifices.

La modification de la préparation de la cavité d'accès est souvent nécessaire pour une gestion endodontique réussie des dents présentant des canaux supplémentaires notamment les premières molaires maxillaires.

Selon *Kulild & Peters (51)*, les canaux MV1 et MV2 sont séparés en moyenne de 1,21 mm +/- 0,5 mm dans le plan horizontal. Pour ce qui est de l'éloignement vertical du MV1 et MV2, ils évoquent en moyenne 1,68 mm +/- 0,83 mm d'écart. Au niveau du plancher pulpaire le MV2 se trouverait plus profondément que les trois autres canaux. Cette étude ne fait pas de distinction entre première et seconde molaire maxillaire.

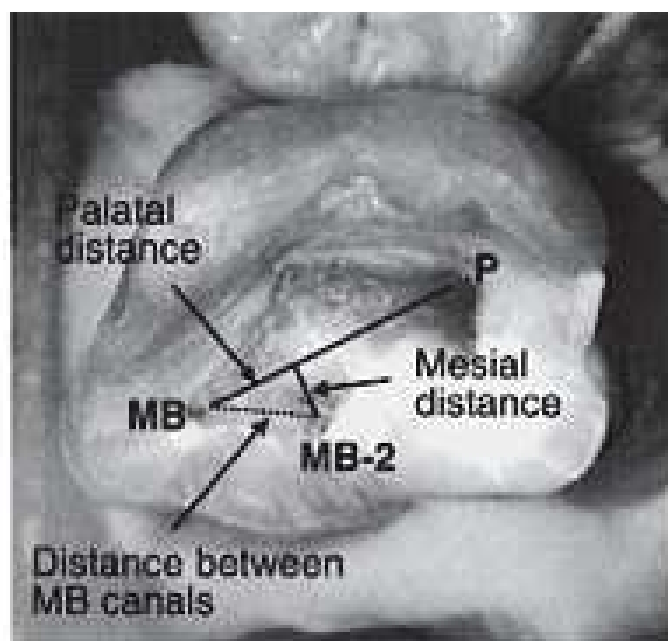


Figure 34: Photo montrant la position du MV2 (MB2) en mésial de la ligne imaginaire reliant le MV1 (MB) au canal palatin (P)
(KULID & PETERS, 2011)

La forme convexe des parois au niveau des dents pluriradiculées impose une suppression des bombés proximaux. La dentine surplombant les orifices définit en effet un triangle dentaire qui doit être supprimé lors de la relocalisation des entrées canalaires.

3.2. Sondage parodontal

Krasner & Rankov (47) ont montré que la jonction amélo-cémentaire est le repère le plus fiable pour situer le niveau de la chambre pulpaire, et que la morphologie interne de la chambre pulpaire reproduit de manière concentrique la morphologie de la dent au niveau de la jonction amélo-cémentaire. Le sondage parodontal, y compris au niveau d'une dent saine, est donc un préalable au traitement endodontique et revêt une importance diagnostique toute particulière au niveau des molaires des deux arcades qui peuvent présenter des concavités plus ou moins marquées (allant jusqu'au sillon) et des coulées d'émail. Les informations recueillies lors du sondage vont donner de précieuses informations sur la morphologie interne de la dent.

3.3. Sondage du plancher pulpaire

Le plancher pulpaire est apparenté à une carte routière, dont les routes sont les rainures constituées lors du développement des orifices canalaires. Les rainures sont consécutives à une sécrétion de

dentine secondaire, plus saturée et moins opaque que la dentine primaire, à la surface du plancher pulpaire.

Le plancher pulpaire est donc orné de lignes plus foncées, en forme de « Y », appelées « rainures sous-pulpaire », dont les extrémités mènent aux orifices canaux.

Cependant, cette « carte routière » peut être altérée, dans le cas de dents présentant des calcifications canales, ou encore lors d'un retraitement endodontique : l'accès occlusal est déjà réalisé, souvent aux dépens de l'anatomie camérale, et la présence de ciment canalair ou gutta-percha résiduels obstrue fortement la visibilité de l'opérateur. Les repères sont faussés et la route vers les orifices canaux s'avère bien plus difficile à emprunter (52).

La sonde DG16 est utilisée conjointement à l'examen visuel du plancher pulpaire une fois la cavité d'accès réalisée. C'est un instrument de diagnostic incontournable au même titre que la sonde parodontale. Elle sert à sonder le plancher pulpaire à la jonction des parois. La dentine réparatrice constituant les surplombs dentinaires étant moins dure que la dentine primaire, une légère sensation de résistance au retrait peut être perçue lorsque l'on sonde la jonction entre le plancher et les parois. La forme en entonnoir du MV2 se dissimule sous une excroissance arrondie de dentine qu'il convient d'éliminer pour pouvoir le négocier (52).

Selon une étude française, la sonde DG16 fut utilisée par 88,6% des praticiens pratiquant de manière quasi exclusive l'endodontie lors de leur recherche du MV2 (52).

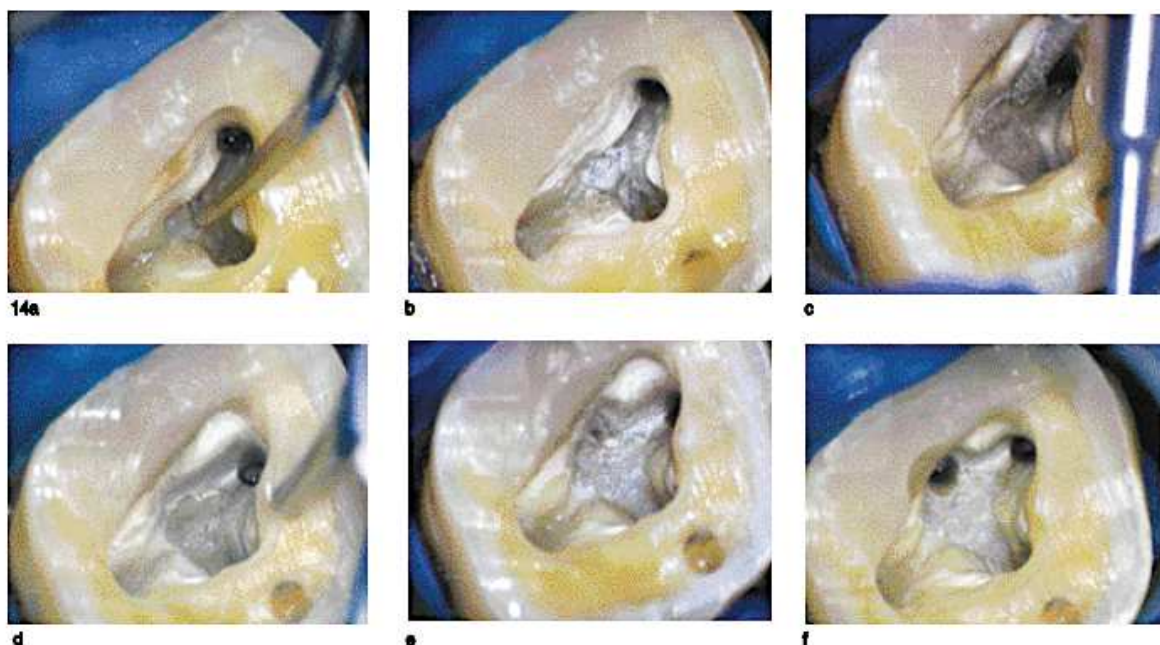


Figure 35 : Mise en évidence de l'orifice canalair du MV2 sur une première molaire maxillaire à l'aide d'une sonde DG16 (à gauche(a)). Peut être notée la différence entre le plancher, de couleur sombre, et l'éperon dentinaire du MV2, de couleur plus claire (à droite)

(BRONNEC, 2006)

3.4. Les tests de diagnostic visuels

La recherche visuelle de l'orifice du MV2 est compliquée par le caractère asymétrique de la configuration du plancher pulpaire. Cependant, de nombreuses "astuces" ont été décrites (39) pour faciliter le repérage visuel. En pratique, elles sont cependant peu utilisées :

1. *Le test de la ligne rouge* : à la jonction entre la paroi mésiale de la chambre pulpaire et le plancher, l'orifice du MV2 est mis en évidence par un saignement en provenance de la pulpe canalaire. Ce test n'est réalisable qu'immédiatement après réalisation de la cavité d'accès sur une dent vivante, en situation de pulpite (52).

2. *Le test de la ligne blanche* : à la jonction entre la paroi mésiale de la chambre pulpaire et le plancher, l'orifice du MV2 est mis en évidence par l'accumulation de débris issus de l'abrasion des parois à sec ou contenant des résidus de tissu pulpaire fibrotique (52).

3. *Le test des bulles de champagne* : à la jonction entre la paroi mésiale de la chambre pulpaire et le plancher, l'orifice du MV2 est en évidence par une effervescence née de la réaction entre la solution d'hypochlorite de sodium et les matières organiques présentes dans les canaux. Après avoir fait la mise en forme et la désinfection des 3 canaux, il faut remplir la cavité d'accès d'hypochlorite de sodium. Au contact du tissu organique pulpaire, l'hypochlorite de sodium libère de l'oxygène, créant des bulles. Étant donné que les 3 autres canaux ne présentent plus de tissu pulpaire, il suffit de regarder d'où viennent les bulles pour localiser l'entrée du MV2 (52).

4. *Le test du colorant* : Les colorants utilisés en endodontie ont la particularité de se fixer aux tissus organiques : ils pénètrent à l'intérieur des orifices canalaires (contenant du tissu pulpaire vivant ou nécrosé), des rainures de développement, des isthmes inter-canalaires, et des fêlures et fractures éventuelles. Ils guident ainsi le clinicien dans son diagnostic et simplifient l'objectivation des canaux radiculaires.

Une boulette de coton imbibée de bleu de méthylène est placée pendant une minute dans la cavité d'accès. Après rinçage et séchage, seules les zones contenant des matières organiques et à fortiori le tissu pulpaire du canal recherché restent colorées en bleu (51).

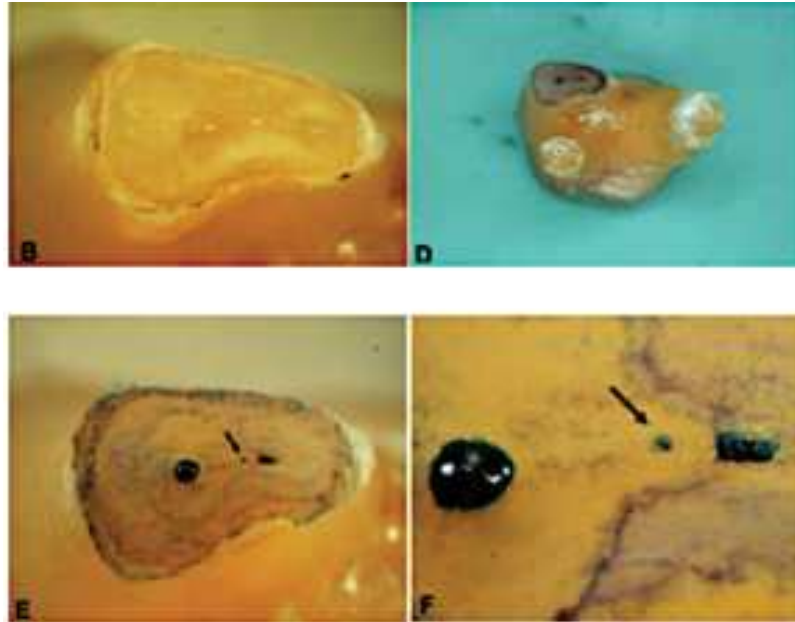


Figure 36 : Visualisation de la racine mésio-vestibulaire d'une première molaire maxillaire sectionnée dans son tiers apical : sans colorant (B, grossissement x 7,5), puis avec coloration au bleu de méthylène (D, sans grossissement ; E, grossissement x 7,5 ; F, grossissement x 25). Le second canal mésio-vestibulaire est mis en évidence par le colorant. Un isthme inter-canalair est également visible sur les figures E et F (marqué d'une flèche).

(YANG & COLL., 2007)

La fluorescéine, à l'instar du bleu de méthylène, est absorbée par le tissu conjonctif pulpaire vivant ou nécrotique. Lorsque la dent est exposée à une lumière bleue (d'une lampe à photo-polymériser par exemple), la fluorescéine devient alors fluorescente, révélant encore plus nettement les segments de tissu pulpaire non extirpés, entourés par une dentine monochromatique non colorée.

Il suffit d'appliquer la fluorescéine à l'aide d'une micro-brosse ou d'un coton-tige sur le plancher pulpaire, puis on retire les excès à l'aide d'une micro-brosse sèche. Il faut éteindre ensuite le plafonnier ainsi que le scialytique et éclairer la dent à l'aide de la lampe à photo-polymériser (ou toute autre lumière à longueur d'onde bleue) : le tissu pulpaire change de couleur. D'un jaune orangé initial, il devient vert fluorescent (52).



Figure 37 : Visualisation de la chambre pulpaire d'une première molaire maxillaire sur laquelle de la fluorescéine a été appliquée (figure à gauche) et les excès retirés (figure au centre). Le MV2 est observé (flèche) après illumination à la lumière bleue (figure à droite)
 (NALLAPATI & GLASSMAN, 2004).

Dans le cadre d'un traitement endodontique en 2 séances, où l'exérèse pulpaire camérale et canalaire a été réalisée dans la première séance, l'inconfort du patient à l'insertion d'une lime dans le canal mésio-vestibulaire principal au cours de la deuxième séance peut être un signe d'appel pour le chirurgien-dentiste de la présence de tissu pulpaire résiduel notamment au sein d'un canal supplémentaire. Le praticien doit dès lors redoubler d'attention et rechercher activement le second canal mésio-vestibulaire.

3.5. Apport des aides optiques pour la localisation du MV2

Introduits en endodontie dans les années 1990, les outils de grossissement les plus courants sont les loupes et le microscope opératoire. Les indications des aides visuelles sont nombreuses car celles-ci sont directement associées à l'augmentation de la précision des procédures et à une meilleure visualisation de la zone d'intérêt. Elles permettent de détecter des isthmes, des canaux accessoires ou des microfractures radiculaires, difficiles à observer et à traiter en l'absence d'un bon grossissement (53).

La nécessité de mieux voir pour mieux comprendre est l'apanage de toute profession qui exerce son activité sur des objets dont la taille est inférieure au millimètre.

3.5.1. Apport des loupes en endodontie



Figure 38 : Télé-loupes galiléennes incrustées « through the lens » (en haut) et escamotables « flip-up » (en bas),
(WWW.ORASCOPTIC.COM)

- Le grossissement et la distance de travail sont définis au départ en fonction de l'opérateur
- Les systèmes de monture, de distance interoculaire et d'inclinaison des optiques sont adaptés à l'opérateur.

Généralement, ces aides visuelles sont collées ou annexées à des lunettes et formées d'objectifs, de lentilles et de prismes. De ces caractéristiques découle une posture ergonomique qui doit être adaptée. Elle implique une légère flexion permanente de la nuque en relation avec la distance opératoire à adopter pour obtenir une vision nette. Par exemple, les loupes « collées » qui présentent un champ optique plus ou moins horizontal sont défavorables à la musculature de la nuque. En odontologie, les grossissements sont compris entre $\times 3,2$ et $\times 7$ et des distances de travail de 250 à 450 mm sont habituelles. L'éclairage doit être réglé afin de faire converger au maximum les flux lumineux et optiques

La vision sous loupes binoculaires est assimilable à une vision grossie de près, ce qui implique un relâchement accommodant, mais impose le port de correction optique. La vision obtenue avec le microscope opératoire est assimilable à une vision de loin (à l'infini), ce qui permet de corriger le défaut visuel sphérique dans l'oculaire (myopie, hypermétropie).

Les mises en jeu de l'acuité visuelle et de l'accommodation sont différentes selon l'utilisation des loupes ou du microscope opératoire.

3.5.2. Apport du microscope en endodontie

Mallet & coll (53) définit le microscope opératoire comme permettant de grossir une image objet observée de loin. Aucune fatigue ophtalmique ne se fera sentir tout au long de l'observation. L'acuité visuelle est augmentée, mais l'accommodation est nulle car les oculaires permettent une vision parallèle sans convergence, comparable à celle acquise avec une paire de jumelles. Les modifications de dioptrie dues à l'âge n'entrent pas en jeu lors de l'utilisation du microscope, en effet soit l'opérateur porte ses lunettes, soit les dioptries sont réglées sur les viseurs des oculaires.



*Figure 39: Microscope opératoire Zeiss OPMA PRO Ergo
(WWW.ZEISS.COM)*

Si le microscope opératoire (M.O) a d'abord été introduit dans les cabinets d'endodontie, il est de plus en plus fréquent de voir des omnipraticiens envisager de s'équiper d'un tel matériel.

Le microscope opératoire est surtout très utile lors de la réalisation des cavités d'accès dès lors que l'effraction pulpaire est obtenue. Un grossissement et une illumination du champ opératoire permettent à l'opérateur de faire l'analyse de la cavité pulpaire. Pour réaliser une meilleure cavité d'accès il faut observer notamment les calcifications, les pulpolithes, les surplombs ou les éperons de dentine secondaire ou réactionnelle et repérer des saignements (54).

De Carvalho & Zuolo (55) ont montré sur 214 premières et deuxièmes molaires maxillaires, qu'il était possible de mettre en évidence 8 % d'orifices canaux supplémentaires (MV2) avec l'aide du M.O, comparé à une recherche à l'œil nu.

De même *Baldassari-Cruz & coll (56)* ont mis en évidence un deuxième orifice au niveau de la racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires dans 51% des cas à l'œil nu contre 82 % avec l'aide d'un microscope. Dans leur étude ce deuxième canal (MV2) n'était absent que dans 10 % des cas.

Si *Wolcott & coll (57)* ne trouvent pas de différence entre l'utilisation de loupe et du M.O en ce qui concerne le nombre de MV2 localisés au niveau de la racine mésio-vestibulaire de la première molaire, l'absence d'aide visuelle conduit à une incapacité à mettre en évidence le deuxième orifice dans 82 % des cas. Sur 5616 molaires maxillaires, *Wolcott & coll* ont pu mettre en évidence un MV2 dans 60 % des cas pour la première molaire et dans 35 % pour la seconde. Si l'on ne tient compte que des retraitements, le taux de détection s'élève à 66 et 58 % respectivement. Ils en ont conclu que l'absence de traitement du MV2 consécutif à sa non détection peut expliquer une partie des pathologies observées au niveau des dents nécessitant une réintervention. L'ensemble des traitements a été réalisé avec des loupes de grossissement supérieur à 2,5.

Sur 1732 cas consécutifs de traitements endodontiques de molaires maxillaires, *Stropko & coll (58)* ont montré qu'avec l'expérience et l'incorporation de manière routinière du M.O., il était possible de mettre en évidence un MV2 dans 93% des cas au niveau de la première molaire maxillaire. Il est intéressant de noter que dans la moitié des cas la racine mésio-vestibulaire présentait une configuration de type 3 de Weine, avec deux canaux qui ont un trajet indépendant.

Dans une étude sur dents extraites (premières et deuxième molaires maxillaires), *Görduysus et coll (59)* ont démontré que non seulement l'utilisation du microscope augmentait le nombre de MV2 détectés au niveau de la racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires, mais surtout qu'il facilitait leur négociation.

Une étude *in vitro* de *Schwartz et coll (60)* a montré que l'utilisation du microscope opératoire (x8) permettait d'avoir un taux de détection du MV2 de 93,7 % soit deux fois supérieur à celui avec des loupes de grossissement x2 sur les mêmes racines mésio-vestibulaire.

Malgré les différences de taux de détection du MV2 entre les différentes études, on peut souligner que l'utilisation d'aides optiques et surtout du M.O. permet d'augmenter le taux de détection du MV2. Les différences pourraient provenir du type d'étude (*in vivo* ou *in vitro*), de la définition d'un canal et des opérateurs.

Cependant, la détection d'un orifice au niveau du MV2 ne correspond pas obligatoirement à la présence d'un MV2. En effet, 16 % des orifices (58) n'ont pu être travaillé en tant que canaux, cela renvoie à la définition d'un canal radiculaire. Il faut que le clinicien ait à l'esprit que dans 10-20 % des cas le canal ne s'étend pas au-delà de l'orifice. Cela peut l'aider à gagner du temps et éviter les risques de perforations lors de la négociation de MV2 anormalement difficiles.

Ainsi l'utilisation d'aide optique conjointement à l'acquisition d'une compétence améliore la capacité de l'opérateur à mettre en évidence les orifices canaux et facilite les étapes suivantes du traitement endodontique.

Del Fabbro et coll (61) ont réalisé une revue de la littérature sur l'utilisation du grossissement en endodontie. Ils n'ont malheureusement pas pu tirer de conclusion objective quant à un éventuel effet sur le résultat du traitement. En effet aucune des études ne satisfaisait aux critères d'inclusion. Pour ces auteurs cependant, le type de dispositif de grossissement utilisé (loupe, microscope ou endoscope) ne peut affecter que de manière minimale le résultat du traitement endodontique, car beaucoup de facteurs entrent en compte dans la réussite d'un traitement endodontique.

À l'inverse, une multitude d'études de faibles niveaux de preuves concluent que l'utilisation de grossissement (loupes ou microscope) est un avantage pour la réalisation du traitement endodontique et pas seulement pour la localisation des orifices canaux.

Des essais cliniques randomisés bien conçus devraient être effectués pour déterminer la différence réelle, en termes de taux de succès de traitement avec ou sans dispositif de grossissement pour les traitements endodontiques conventionnels et chirurgicaux, le cas échéant.

3.6. Inserts ultrasonores et instruments endodontiques spécifiques

3.6.1. Inserts ultrasonores

Afin de favoriser un accès instrumental sous contrôle visuel, les fabricants ont développé des gammes d'instruments dédiés au travail sous microscope. Ces instruments favorisent le dégagement visuel de la zone de travail par la miniaturisation de leur partie travaillante, leur angulation et l'allongement de leur partie non-travaillante. L'un des avantages les plus importants des inserts ultrasonores est qu'ils ne tournent pas, améliorant ainsi la sécurité et le contrôle, tout en maintenant un rendement de coupe élevé. Ils sont utiles dans la préparation des cavités d'accès, dans la recherche de canaux et au niveau des dents calcifiées

Des inserts US endodontiques dédiés à la recherche des orifices canaux ont été développés, ils présentent une partie travaillante abrasive avec différentes formes et dimensions selon la gamme choisie. Montés sur des pièces à mains ultra-sonores piézo-électriques, ces inserts sont surtout utilisés pour supprimer les calcifications dans la chambre pulpaire.

Les plus utilisés en France sont le kit Start X de Dentsply Maillefer (62). Chaque insert a été mis au point pour une indication bien spécifique :

- Le numéro 1 :
 - Application : Finition des parois de la cavité d'accès
 - Pointe non active : Pas de risque de perforation accidentelle du plancher pulpaire
 - Partie latérale active : Création d'un accès direct au canal

- Le numéro 2 :
 - Application : Localisation du canal MV2.
 - Pointe active : Élimination de la dentine qui souvent dissimule l'accès au canal MV2 des molaires maxillaires
 - Partie latérale active : Création d'un accès direct au canal

- Le numéro 3 :
 - Application : Recherche et ouverture des canaux calcifiés
 - Pointe active : Retrait de calcifications et anciens matériaux d'obturation

- Le numéro 4 :
 - Application : Retrait tenons métalliques
 - Design spécifique : Travail à la fois sur les côtés et la tête du tenon à déloger
 - Port d'irrigation : Évite l'échauffement de l'instrument

- Le numéro 5 :
 - Application : Mise à jour de l'anatomie du plancher pulpaire
 - Pointe non active : Localisation facilitée des entrées canaux grâce au retrait des calcifications qui cachent l'anatomie originelle du plancher pulpaire
 - Pointe fine et cylindrique : Bonne visibilité

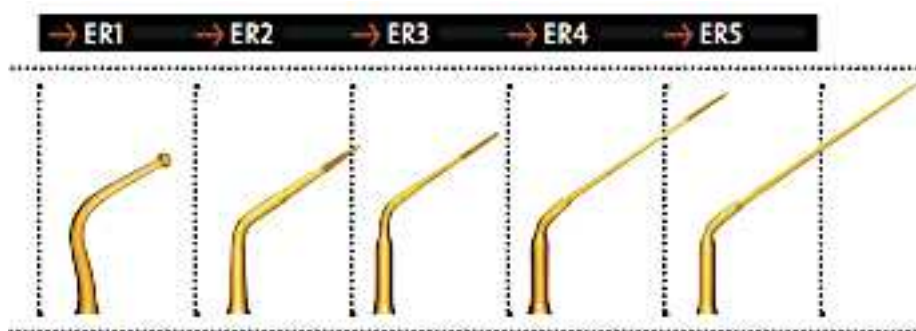


*Figure 40: Inserts ultrasonores Start-X de Denstply Maillefer
(DENSTPLY MAILLEFER, 2009)*

Il existe aussi sur le marché un autre kit performant : le kit Endo Révision de Mectron (63).

Il est composé de plusieurs inserts :

- L'ER1 : Indiqué dans l'exposition des tenons radiculaires
- L'ER2 : Indiqué dans la localisation des ouvertures de canaux radiculaires calcifiés ou peu accessibles, la dépose des matériaux restaurateurs, des calcifications et inserts fracturés dans le tiers coronaire du canal radiculaire.
- L'ER3 : Indiqué dans l'élargissement des ouvertures des canaux radiculaires calcifiés, la dépose des éléments radiculaires et des inserts fracturés dans le tiers coronaire du canal radiculaire.
- L'ER4 : Indiqué dans la localisation des ouvertures de canaux radiculaires calcifiés ou peu accessibles, la dépose des matériaux restaurateurs, des calcifications et inserts fracturés dans le tiers coronaire du canal radiculaire.
- L'ER5 : Indiqué dans la dépose des inserts fracturés dans les tiers moyen et apical des canaux radiculaires



*Figure 41: Inserts ultrasonores Endo Revision de Mectron
(MECTRON, 2010)*

3.6.2. Micro-Openers et Micro-Debriders

Les MicroOpeners® de Maillefer qui existent en trois tailles, présentent la forme d'une lime K montée sur un manche et présentant une angulation proche du contre-angle. La partie travaillante courte, associée à un petit diamètre de pointe (10 ou 15/100 de mm) et à une conicité augmentée (4 ou 6 %), confère à cet instrument une remarquable capacité à sonder les infractuosités présentes sous les surplombs dentinaires, notamment dans le cas du MV2.

Une fois l'orifice canalaire localisé grâce aux Micro-Openers®, les Micro-Debriders® (commercialisés par Dentsply-Maillefer™) permettent, grâce à leur profil de lime H et un plus gros diamètre (20 ou 30/100 mm), de dégager les entrées canalaire. L'instrument animé par un mouvement de traction de très faible amplitude permet de supprimer de façon précise la dentine restreignant l'accès au canal.

Ils ont eu du succès chez les dentistes nord-américains, moins chez les européens. Avec l'avènement des inserts US, ces instruments sont par ailleurs de moins en moins utilisés.



*Figure 42: Les différents Micro-Openers et Micro-Debriders disponibles
(DENTSPLY-MAILLEFER, 2005)*

3.6.3. Protocole de localisation de l'orifice du MV2 avec des inserts ultrasonores

L'ensemble de la procédure de localisation des orifices est réalisé cavité sèche. Leurs dimensions réduites et leurs formes courbées permettent à l'assistante de diriger un flux d'air continu sur la zone de travail et sur le miroir de l'opérateur pendant les étapes de retrait dentinaire.

La technique à privilégier consiste à "peler" avec précaution la dentine située en mésial de la ligne rejoignant le MV1 au canal palatin. Il est conseillé d'utiliser un insert ultrasonore diamanté avec adresse et délicatesse afin de limiter le risque de perforation lors de l'élimination du surplomb dentinaire.

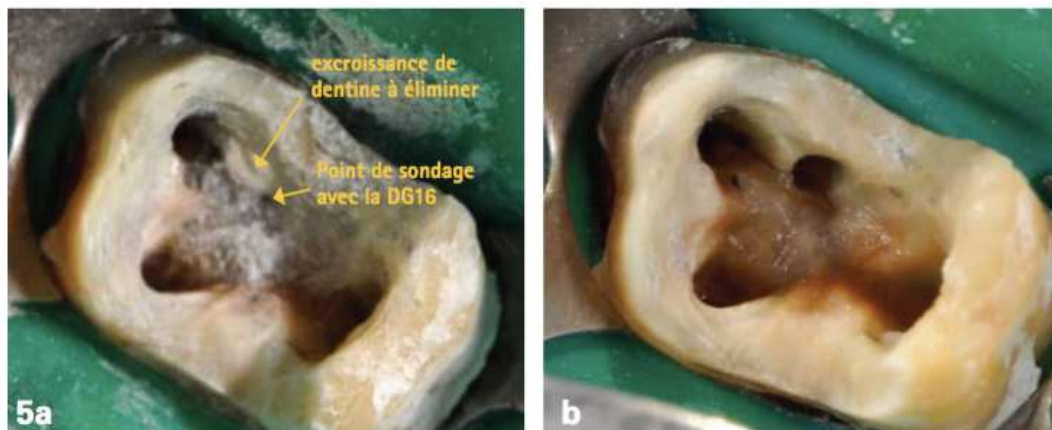


Figure 43: Elimination du surplomb dentinaire avec l'insert ultrasonore et sous aide visuelle (ARBONA, 2011)

Pour de nombreux auteurs (52-54-57), la grande difficulté des canaux MV2 n'est pas leurs localisations mais leurs négociations. Souvent ils ne sont pas rectilignes et présentent une courbure brusque dirigée en mésio-vestibulaire dans les 2-3 mm suivant l'entrée de l'orifice canalaire. L'utilisation d'inserts US permet aussi d'atténuer cette courbure et provoque un déplacement de l'orifice du MV2.

Il est donc plus judicieux de signaler l'emplacement du MV2 au point où il pourrait être négocié, plutôt que l'emplacement de son orifice au moment sa localisation après la réalisation de la chambre pulpaire. Parce qu'il y'a souvent un écart considérable entre ces deux points de repère. Une étude italienne a démontré que l'emplacement variait considérablement par rapport aux autres canaux.

Pour ces auteurs (61), le canal MV2 est situé sur la ligne reliant les canaux mésiaux et palatin des molaires maxillaires, à 3,5 mm en palatin et à 2 mm en mésial du MV1.

3.6.3.1. Apport de l'élimination du surplomb dentinaire pour la localisation du MV2

Kulild & Peters (50) ont cherché à quantifier le bénéfice d'un fraisage (à la fraise diamantée) adéquat sur la localisation du canal MV2 de premières et deuxièmes molaires maxillaires. Dans un premier temps, la localisation est faite à l'œil nu, après réalisation d'une cavité d'accès trapézoïdale. Dans un second temps, un fraisage est effectué pour localiser le MV2. Enfin, l'observation au microscope après section radiculaire et analyse histologique (gold standard technique) permet de déterminer la prévalence réelle du canal MV2 .

L'exérèse dentinaire surplombant l'entrée du canal MV2 permet de déceler 31,3% de canaux supplémentaires, premières et deuxièmes molaires confondues. Ce chiffre est considérable puisqu'il permet de se rapprocher de la prévalence réelle découverte après section radiculaire, notamment pour la première molaire maxillaire (90,2% après fraisage, contre 96,1% après section).

La seule retenue pouvant être émise réside dans le risque de perforation radiculaire accru.

Lors de cette étude (1990), les inserts ultrasonores n'existent pas encore, mais leurs mises sur le marché a permis de diminuer les risques de perforations.

3.7. Configuration du MV2

Cette configuration prend son importance au moment du cathétérisme.

3.7.1. Longueur du canal MV2

Selon l'étude de *Park & Coll (64)* portant sur 46 premières molaires maxillaires, la longueur du second canal mésio-vestibulaire est quasi systématiquement plus courte que celle du canal mésio-vestibulaire principal. Les auteurs l'estiment plus court de 0,6 à 0,8 millimètres en moyenne (9,2 mm pour le MV2 contre 9,8 mm pour le MV1). Selon eux, le canal MV2 serait cependant plus long que le MV1 lorsqu'il se trouve dans une configuration canalaire de type II de Vertucci car il emprunterait un chemin plus long, « en dérivation » par rapport au canal MV principal.

3.7.2. Diamètre du MV2

Les études des molaires maxillaires portent peu sur les dimensions horizontales du réseau canalaire. La largeur de travail est pourtant tout aussi importante que la longueur de travail dans la réalisation d'un traitement endodontique.

Les études portant sur ce sujet (*Peters & coll (65)*, *Wu & coll (66)*) ont démontré que la racine disto-vestibulaire possède l'aire, le volume et le diamètre canalaire les plus faibles. La racine mésio-vestibulaire présente elle aussi un diamètre canalaire faible, qui est de l'ordre de 350 µm à 5 mm de l'apex (sans distinction entre les racines comprenant un MV1 et un MV2 et celles juste avec le MV1).

Lorsqu'un canal MV2 est présent, son diamètre est le plus fin de la molaire maxillaire. Sa dimension mésio-distale reste inchangée sur sa longueur radiculaire et est égale à 160 µm. Par contre son diamètre vestibulo-palatin s'amincit à mesure du rapprochement vers l'apex : de 280 µm à 5 mm de l'apex, contre 190 µm à 1 mm de l'apex.

En 2010, *Paqué & coll (67)* ont réalisé une étude pour déterminer le diamètre des limes pouvant atteindre sans contraintes la longueur de travail. Ils ont montré que le diamètre moyen de la « lime apicale initiale » introduite dans le MV2 est de 0,10 mm (lime 10). Les limes varient entre 0,08 mm (lime 08) et 0,15 mm (lime 15) de diamètre. Le diamètre du canal MV2 est plus petit que les autres canaux vestibulaires (MV1 et DV) qui ont un diamètre moyen « lime apicale initiale » de 0,15 mm alors le canal palatin s'impose comme le plus large, avec un diamètre moyen de 0,25 mm.

3.7.3. Forme du MV2

Selon une description anatomique réalisée par *Lautrou (68)*, sur la vue occlusale à mi-hauteur radiculaire d'une première molaire maxillaire, la racine mésio-vestibulaire allongée dans le sens vestibulo-palatin, présente des dépressions mésiale et distale qui réduisent son épaisseur dans la partie moyenne. Cette partie médiane peut s'oblitérer totalement : deux canaux tubulaires (MV1 et MV2) sont alors présents.

Malgré l'absence d'études à haut niveau de preuves, les auteurs sont plus ou moins d'accord pour dire :

- Qu'en présence d'un canal par racine, le canal mésio-vestibulaire semble épouser la forme de la racine dans laquelle il est contenu et dessine une forme ovale.
- Qu'en présence de deux canaux par racine, le canal mésio-vestibulaire principal suit une forme généralement oblongue. Le second canal mésio-vestibulaire est au centre des interrogations car présentant un grand nombre de variations : tantôt arrondi pour certains (64) tantôt oblong (65).

3.7.4. Courbure du MV2

3.7.4.1. Définitions

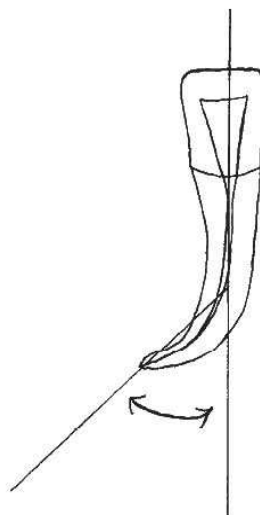
La courbure canalaire présente une grande importance quant au succès thérapeutique.

SW Schneider (70) est le premier auteur à définir en 1971 l'angle de courbure canalaire α .

Cet angle est obtenu à partir de deux droites tracées sur une radiographie rétro-alvéolaire :

- La première longe l'axe canalaire dans sa partie coronaire.
- La seconde prend comme point de départ le foramen apical et coupe la première droite au niveau de la déviation de l'axe canalaire principal. Ce point est noté comme le début de la courbure

L'angle aigu formé se nomme angle de courbure α .



*Figure 44: Dessin représentant l'angle de courbure canalaire α
(SCHNEIDER, 1971).*

Pour Schneider (70) on peut classer les canaux selon 3 catégories :

- Droit, lorsque son angle de courbure est inférieur à 10°
- Présentant une courbure modérée, lorsque son angle de courbure est compris entre 10° et 20°.
- Présentant une courbure sévère ou abrupte, lorsque son angle de courbure est strictement supérieur à 20°.

Pour *Pruett & coll.* (69) deux canaux peuvent avoir le même angle de courbure mais avoir deux courbures différentes. En effet si la partie radiculaire sous la courbure est longue, l'angle de courbure peut être égal à celui d'un canal présentant une partie radiculaire sous la courbure plus courte, mais dont la courbure est à priori plus importante.

C'est pour ces raisons que la notion de rayon de courbure a été introduite.

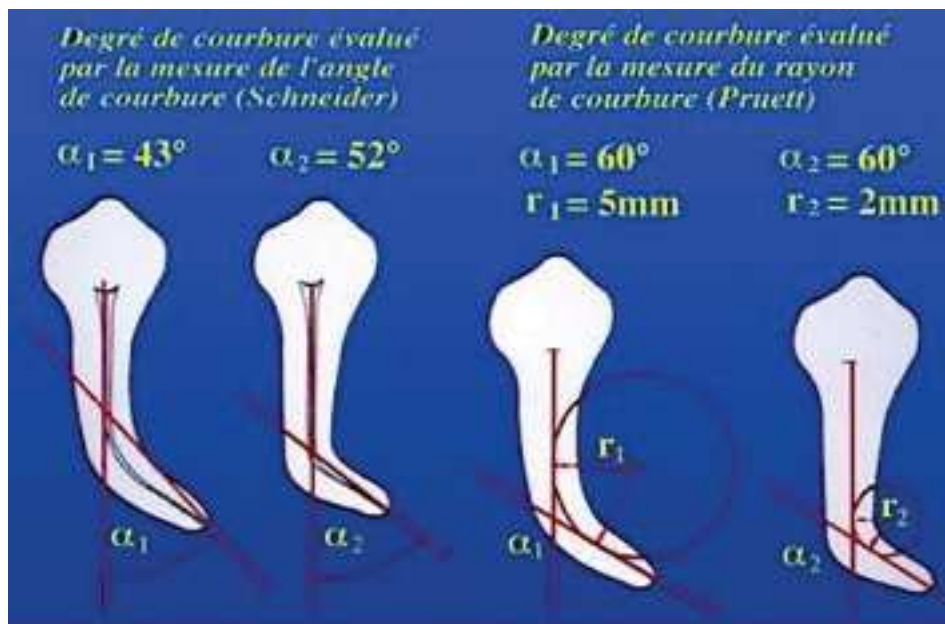


Figure 45 : Dessin montrant que l'angle de courbure ne permet pas toujours une bonne évaluation du degré de courbure d'un canal (PRUETT & COLL., 1997).

Selon la méthode de *Pruett & coll.*, deux dents peuvent présenter le même angle de courbure ($\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$) mais avoir des rayons de courbure différents. Le canal présentant le rayon de courbure le plus petit ($(r_2 = 2\text{ mm}) < (r_1 = 5\text{ mm})$) possède la courbure la plus sévère

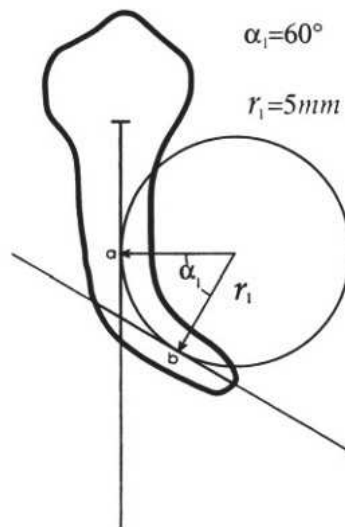
Pour déterminer ce rayon :

- La première droite est identique à celle utilisée pour déterminer l'angle de courbure
- La seconde est tracée le long de l'axe canalaire dans sa portion apicale

Sur ces droites sont alors notés :

- Le point a sur la première ligne qui correspond au commencement de la courbure/
- Le point b sur la seconde ligne qui correspond à la fin de la courbure.

On trace dès lors le cercle tangent à ses points a et b : le rayon de ce cercle est le rayon de courbure canalaire r .



*Figure 46 : Dessin représentant le rayon de courbure r
(PRUETT & COLL, 1997)*

Plus le rayon de courbure est petit, plus la courbure est abrupte. Ainsi, le canal présentant le rayon de courbure le plus petit sera le plus difficile à négocier.

La courbure canalaire est donc définie par l'angle de courbure et le rayon de courbure. Un angle de courbure élevé ainsi qu'un rayon de courbure petit prédestinent à une courbure canalaire abrupte.

3.7.4.2. Courbure du MV2

MV2 possède une inclinaison mésiale fortement marquée dans ses 3 premiers millimètres, associée à une trajectoire en baïonnette. Il présente ensuite une orientation très oblique vers le MV1 (65).

En 2002, Schäfer & coll (71) sont les premiers à faire une analyse de courbure sur le MV2 des

molaires maxillaires. Sur des radiographies rétro-alvéolaires conventionnelles, ils mesurent l'angle de courbure (défini par Schneider, 1971) ainsi que le rayon de courbure (défini par Pruett, 1997) des canaux de 50 premières et 50 deuxièmes molaires maxillaires.

Selon leur étude, MV2 n'est en général jamais droit, dans 82% des cas il présente une courbure et dans 18% des cas il se présente sous forme de «S», avec deux courbures.

La courbure la plus importante se trouve dans le plan mésio-distal avec un angle de courbure élevé (42°) et un rayon de courbure de petite étendue (6,6 mm). Une courbure vestibulo-palatine est également présente, mais l'angle de courbure est plus faible (14°) et le rayon de courbure plus important (9,2 mm), ce qui en font une courbure plus facilement négociable.

En comparaison, le canal MV1 présente une courbure mésio-distale moins marquée (angle de courbure (26°), rayon de courbure (8,5 mm)).

De par sa courbure inégale, la négociation MV2 constitue donc un défi.

Park & coll. (64) confirment les données de *Schäfer & coll.* Selon leur étude, le canal MV2 présente une courbure globale plus élevée (0,34 mm⁻¹, contre 0,22 mm⁻¹ pour le MV1) et un rayon de courbure plus petit (3,4 mm, contre 5,0 mm pour le MV1) que MV1. Ils rajoutent que le tiers coronaire du MV2 présente le rayon de courbure le plus faible (rMV2 coro = 3,3 mm) de son trajet canalaire. Ils en déduisent que ce canal détient deux courbures franches dans ses tiers coronaire et apical, ainsi qu'une courbure modérée dans son tiers moyen.

À la vue de cette étude ainsi que des précédentes (64-71), on peut donc affirmer que le MV2 est le plus courbe des canaux de la première molaire maxillaire, avec une courbure mésio-distale marquée et difficile à négocier dans sa portion coronaire, associée à une importante courbure apicale. Ces études confirment le propos de la plupart des auteurs qui affirment que la plus grande difficulté du MV2 se trouve dans la gestion des premiers millimètres du canal.

3.7.5. Isthme canalaire

Weller & coll. (72) définissent un isthme canalaire comme « un espace canalaire en forme de ruban, contenant du tissu pulpaire et reliant deux canaux d'une même racine ».

Selon eux, toute racine peut potentiellement contenir un isthme si elle présente deux canaux.

L'un des facteurs majeurs d'échecs des traitements endodontiques des dents présentant des lésions péri-apicales est la persistance de bactéries dans les ramifications canalaire non-instrumentables et inobturables.

Ainsi, *Tam & Yu (73)* distinguent 8,0% de canaux accessoires inter-canalaire, 20,0% d'isthmes partiels, 8,0% d'isthmes complets et 4,0% d'isthmes complets agrémentés de canaux accessoires intercalaires dans la racine mésio-vestibulaire des 50 premières molaires maxillaires de leur étude *in vitro* (section et analyse histologique).

Grâce à l'utilisation du CBCT, *Somma & coll. (18)* ont quant à eux observé 70,8% d'isthmes dans la racine mésio-vestibulaire dont une prévalence de 58,8% dans le tiers médian, 41,2% dans le tiers cervical et 23,6% dans le tiers apical. Selon cette étude, le tiers apical semble ainsi moins affecté par la présence d'isthmes canalaire que le corps radicaire.

Les isthmes existent majoritairement dans la racine mésio-vestibulaire car la racine disto-vestibulaire et palatine ne présentent que rarement plus d'un canal. Ces connexions entre canaux sont plus fréquemment retrouvées dans la partie médiane du canal.

3.7.6. Une entrée canalaire infranchissable

Dès le début des années 70, *A.J. Lane (74)* a constaté que dans 16% des cas, le MV2 des premières molaires maxillaires ne pouvait pas être instrumenté. Il était alors considéré comme étant uniquement coronaire, ou rudimentaire ou calcifié (dans 8,5 %).

Dans leur étude, *Park & coll. (64)* ont en effet montré la présence de portions calcifiées, se trouvant majoritairement dans le tiers coronaire (38,9% des canaux calcifiés en coronaire) et dans la partie apicale (11,1% des canaux calcifiés en apical). Au contraire, selon eux la partie médiane n'est jamais calcifiée.

Cette étude confirme les croyances selon lesquelles la complexité du canal MV2 se trouve dans son entrée. Par ailleurs, au vu de cette étude, le MV2 peut être déclaré comme impénétrable dans un cas sur 6.

4. Traitements et implications cliniques du MV2

4.1. Evaluation de la complexité d'un traitement endodontique

Selon *Bronnec (75)*, la réalisation de préparations canalaires de qualité est devenue plus accessible et plus reproductible grâce à l'adoption des systèmes de mise en forme en rotation continue et aux progrès technologiques de l'arsenal thérapeutique endodontique.

Il faut cependant bien admettre que l'endodontie reste une discipline difficile et exigeante qui ne pardonne pas l'approximation.

Une partie des échecs semble ainsi liée au non-respect des recommandations de bonne pratique, en particulier concernant les règles d'asepsie, mais également à une sous-estimation de la complexité du cas avant traitement (75).

Dans le but d'évaluer la complexité pré-opératoire d'un traitement endodontique, l'Académie Canadienne d'Endodontie (76) et l'American Association of Endodontics (77) ont mis au point des chartres visant à évaluer la complexité endodontique selon différents facteurs.

Dans son article, *Bronnec (75)* en a réalisé une synthèse. Il y détaille ainsi l'ensemble des facteurs pouvant avoir une influence directe sur la faisabilité de l'acte endodontique.

Il classe les facteurs selon la complexité :

- Facteur de complexité moyenne (apporte 1 point)
- Facteur de complexité élevée (apporte 2 points)
- Facteur de complexité très élevée (apporte 5 points)

Une fois la chartre remplie, les points sont additionnés en fonction des facteurs de complexité présents.

Tableau 1 - Charte d'évaluation de la difficulté clinique (adaptée d'après les systèmes canadien et américain).			
Critère et sous-critère	1 point par item	2 points par item	
A. Facteurs liés au patient			
Anamnèse médicale Anesthésie Coopération	<input type="checkbox"/> Pas de problème médical (ASA 1) <input type="checkbox"/> Pas d'ATCD de problème anesthésique <input type="checkbox"/> Coopération	<input type="checkbox"/> Un ou + probl. méd. (ASA 2) <input type="checkbox"/> Vasoconstricteur CI <input type="checkbox"/> Allergie aux métabisulfites <input type="checkbox"/> Anxiété <input type="checkbox"/> Difficulté à tenir le film	
Ouverture buccale/ATM	<input type="checkbox"/> Pas de limitation	<input type="checkbox"/> Limitation légère (25-35 mm) <input type="checkbox"/> Luxation discale réductible	
Réflexe nauséeux	<input type="checkbox"/> Absent	<input type="checkbox"/> Occasionnel pendant le Tt ou la prise de Rx	
Urgence	<input type="checkbox"/> Douleur/tuméfaction absente	<input type="checkbox"/> Douleur/tuméfaction modérée	
Diagnostic	<input type="checkbox"/> $\Sigma s + \Sigma mes$ cohérents avec résultat de l'examen clinique/Rx	<input type="checkbox"/> Ag différentiel difficile	
Radiographie (Réalisation/interprétation)	<input type="checkbox"/> Difficulté minimale	<input type="checkbox"/> Difficulté modérée (plancher ou palais peu profonds)	
B. Facteurs diagnostiques et thérapeutiques			
Position de la dent	<input type="checkbox"/> Antérieure/PM <input type="checkbox"/> Version < 10° <input type="checkbox"/> Rotation < 10°	<input type="checkbox"/> 1° ou 2° Mol. <input type="checkbox"/> Version 10-30° <input type="checkbox"/> Rotation 10-30°	
Isolation	<input type="checkbox"/> Couronne intacte <input type="checkbox"/> Mise en place de la digue aisée <input type="checkbox"/> Crampon stable	<input type="checkbox"/> Reconstitution préénde simple <input type="checkbox"/> Simple modification de la technique <input type="checkbox"/> Crampon difficile à stabiliser	
Morphologie coronaire	<input type="checkbox"/> Forme originale normale <input type="checkbox"/> Obturation coronaire simple	<input type="checkbox"/> Incisive riziforme, taurodontisme <input type="checkbox"/> Couronne coulée/CCM <input type="checkbox"/> Reconstitution coronoradiculaire par matériaux plastique	
Morphologie radicaire	<input type="checkbox"/> Courbure absente/légère (<10°) <input type="checkbox"/> Ant./PM avec 1 canal	<input type="checkbox"/> Courbure modérée (10-30°) <input type="checkbox"/> Angulation corono-radicaire <input type="checkbox"/> Ant./PM avec 2 cx <input type="checkbox"/> Mol. avec 3 cx ou - <input type="checkbox"/> Division canalaire 1/3 coronaire	
Apparence radiographique des canaux	<input type="checkbox"/> Canal visible <input type="checkbox"/> Apex mature	<input type="checkbox"/> Réduction volume chambre/canaux <input type="checkbox"/> Pulpolithe <input type="checkbox"/> Foramen > 1 mm	
Résorption radicaire	<input type="checkbox"/> Absente	<input type="checkbox"/> Résorption apicale <input type="checkbox"/> Résorption interne sans communication parodontale	
C. Facteurs supplémentaires			
Traumatologie	<input type="checkbox"/> Fracture coronaire simple <input type="checkbox"/> Fracture radicaire <input type="checkbox"/> 1/3 apical + concussion	<input type="checkbox"/> Fracture coronoradiculaire (dent mature) <input type="checkbox"/> Fracture radicaire 1/3 moyen <input type="checkbox"/> Sub-luxation	
Antécédent endodontique	<input type="checkbox"/> Absent	<input type="checkbox"/> Pulpotomie/ectomie sans incident	
Relations endo-parodontales	<input type="checkbox"/> Parodonte sain	<input type="checkbox"/> Maladie parodontale	
Total =	... x 1 =	... x 2 =	

Tableau 1 : Charte d'évaluation de la difficulté clinique en endodontie, adaptée d'après les systèmes canadiens et américain
(BRONNEC, 2009)

5 points par item	
	<input type="checkbox"/> État de santé compromis (ASA 3-5) <input type="checkbox"/> Handicap majeur <input type="checkbox"/> ATCD de difficulté anesthésique <input type="checkbox"/> Non-coopération <input type="checkbox"/> Difficulté à supporter la position allongée
	<input type="checkbox"/> Limitation significative (<25 mm) <input type="checkbox"/> Douleur <input type="checkbox"/> Trismus
	<input type="checkbox"/> Toujours présent ayant déjà compromis la réalisation de soin
	<input type="checkbox"/> Douleur/tuméfaction sévère
	<input type="checkbox"/> Données de l'examen clinique/rx contradictoires avec Σs <input type="checkbox"/> + Σmes <input type="checkbox"/> ATCD de douleur chronique orofaciale
	<input type="checkbox"/> Difficulté extrême (superposition de structures anatomiques)
3° Mol.	
	<input type="checkbox"/> 3° Mol. <input type="checkbox"/> Version > 30° <input type="checkbox"/> Rotation > 30°
	<input type="checkbox"/> Élongation coronaire +/- reconstitution préendo complexe indispensable(s) <input type="checkbox"/> Modification importante de la technique
	<input type="checkbox"/> Altération importante de la morphologie coronaire (Dens in Dente, Couronnes fusionnées) <input type="checkbox"/> La restauration ne reflète pas l'anatomie idéale ou Pilier de bridge <input type="checkbox"/> Inlay-core
	<input type="checkbox"/> Courbure extrême (>30°) <input type="checkbox"/> Double courbure <input type="checkbox"/> Ant./PM Mb avec 2 Rc <input type="checkbox"/> PM Mx avec 3 Rc <input type="checkbox"/> Mol. avec 4 cx ou + <input type="checkbox"/> Division canalaire 1/3 moyen ou apical <input type="checkbox"/> Racine très longue (>30 mm) <input type="checkbox"/> Canal en C
	<input type="checkbox"/> Disparition apicale image canalaire <input type="checkbox"/> Oblitération canalaire <input type="checkbox"/> Apex ouvert > 1,5 mm
	<input type="checkbox"/> Résorption interne avec communication parodontale <input type="checkbox"/> Résorption externe
Fracture	
	<input type="checkbox"/> Fracture coronoradiculaire (dent immature) <input type="checkbox"/> Fracture radiculaire 1/3 coronaire <input type="checkbox"/> Fracture alvéolaire <input type="checkbox"/> Luxation <input type="checkbox"/> Expulsion
	<input type="checkbox"/> Perforation <input type="checkbox"/> Butée/bouchon <input type="checkbox"/> Fracture instrumentale <input type="checkbox"/> ATCD de Tt endo orthograde
	<input type="checkbox"/> Alvéolyse avancée <input type="checkbox"/> Dent fissurée <input type="checkbox"/> Lésion endoparodontale combinée <input type="checkbox"/> Amputation radiculaire
	... x 5 =

Tableau 2 : Suite Tableau 1
(BRONNEC, 2009)

Bronnec classe les traitements endodontiques en 4 catégories de difficultés croissantes :

- Le traitement endodontique est considéré comme peu difficile si la somme des points calculés est strictement inférieure à 15.
- La difficulté du traitement endodontique est dite moyenne si la somme des points calculés est comprise entre 15 et 19.
- La difficulté du traitement endodontique est dite modérée si la somme des points calculés est comprise entre 20 et 25.
- La difficulté du traitement endodontique est élevée si la somme des points calculés est strictement supérieure à 25.

Bronnec précise que la lourdeur de mise en œuvre de ce questionnaire en limite l'application systématique. Il représente cependant un outil pédagogique intéressant. A cette destinée, une charte simplifiée a été créée par l'*European Society of Endodontology* (78). Elle identifie les situations à risque suivantes :

- | |
|---|
| <input type="checkbox"/> Problèmes médicaux (score ASA > 2) |
| <input type="checkbox"/> Limitation physique (ouverture buccale, réflexe nauséeux)/Coopération difficile |
| <input type="checkbox"/> Difficulté diagnostique |
| <input type="checkbox"/> Prémolaire > 2 canaux |
| <input type="checkbox"/> Molaire > 3 canaux/Dents de sagesse |
| <input type="checkbox"/> Division canalaire dans le tiers médian ou le tiers apical |
| <input type="checkbox"/> Rotation ou inclinaison de la dent modérée à sévère |
| <input type="checkbox"/> Morphologie coronaire ou radiculaire aberrante/
Racine très longue (> 30 mm) |
| <input type="checkbox"/> Difficulté d'isolation |
| <input type="checkbox"/> Démontage prothétique compliqué |
| <input type="checkbox"/> Courbure radiculaire modérée à sévère (> 10°) |
| <input type="checkbox"/> Obstruction (oblitération canalaire, calcification),
perforation, apex ouvert |
| <input type="checkbox"/> Retraitement |
| <input type="checkbox"/> Lésion endo-parodontale |
| <input type="checkbox"/> Traumatisme alvéolo-dentaire |

Tableau 3 : Charte simplifiée proposée par l'association néerlandaise d'endodontie
(EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY, 2006)

Si le praticien est confronté à une ou plusieurs situations dites « à risque », il est invité à remplir une charte plus complète (canadienne ou américaine) pour trancher face au dilemme suivant : traiter la dent ou adresser le patient à un praticien ayant une activité endodontique exclusive.

La présence MV2 est selon l'*ESE* (78) une situation à risque (« molaire > 3 canaux »), or on sait qu'il faut considérer la molaire maxillaire comme ayant 3 racines et 4 canaux, même si en préopératoire il est difficile d'affirmer la présence du MV2.

Les auteurs de cette charte prennent en compte les paramètres cliniques et généraux du patient dans l'évaluation, ce qui permet d'appréhender une grande majorité des cas rencontrés.

Les auteurs auraient pu rajouter les facteurs praticiens dépendants tel que l'expérience ou le matériel disponible, qui représente une part importante dans la réussite d'un traitement endodontique.

L'essentiel est cependant de comprendre qu'à travers ces chartes, les auteurs ont eu la volonté d'amener le chirurgien-dentiste au questionnement, avec comme objectif d'identifier les situations à risque en préopératoire afin d'éviter ou de limiter le recours à un tiers pour gérer une complication survenue en cours de traitement ou pour réaliser le retraitement en cas d'échec ; le taux de succès de tels retraitements étant systématiquement inférieur à celui du traitement initial et en relation directe avec la possibilité de corriger les insuffisances ou les erreurs iatrogènes du traitement précédent.

4.2. Apports des nouveaux instruments pour le cathétérisme

Une étape importante dans la procédure endodontique consiste à créer un « glide path » pour sécuriser le trajet canalaire et faciliter le travail des instruments de mise en forme canalaire qui suivront.

En ce sens, des limes mécanisées de cathétérisme ont été mises au point (par exemple le Proglider de chez Dentsply). Elles sont particulièrement utiles dans les cas de canaux difficiles d'accès (canaux courbes, fins et calcifiés).

Elles permettent de réaliser le cathétérisme plus rapidement qu'avec des limes manuelles en acier, de façon plus sûre en limitant les risques d'erreurs endodontiques (butées, fausses routes, déviations de la trajectoire canalaire initiale) et de façon plus efficace tout en respectant l'anatomie canalaire.

Certains endodontistes utilisent cet instrument (Proglider de chez Dentsply) en réciprocité et on constate une amélioration de son efficacité à réaliser le cathétérisme grâce au mouvement de

réciprocité. C'est pourquoi Denstply est en train de mettre au point un ProGlider spécifique pour la réciprocité.



*Figure 47 : Instrument de pré-élargissement Proglider®, diamètre apical 0.16mm et conicité variable et progressive (2% à la pointe).
(DENTSPLY,2011)*

4.3. Apports des localisateurs d'apex

4.3.1. Structure anatomique apicale

La jonction cémento-dentinaire est une structure histologique qui correspond au lieu de confluence du cément et de la dentine au niveau de l'apex du canal radiculaire. Elle est constituée d'une part par la dentine intracanalair et d'autre part par le cément qui recouvre la surface radiculaire externe, s'invagine dans le canal à travers le foramen et remonte sur quelques centièmes de millimètres dans le canal, sa situation est variable.

Le foramen apical est l'orifice de sortie du canal principal au niveau de la surface radiculaire. La distance entre l'apex anatomique et le foramen apical est plus grande sur les dents postérieures et plus âgées que dans les dents antérieures et plus jeunes. Elle est approximativement de 0,5 mm dans le groupe « plus jeune » et de 0,8 mm dans le groupe « plus âgé » pour tous les types de dents.

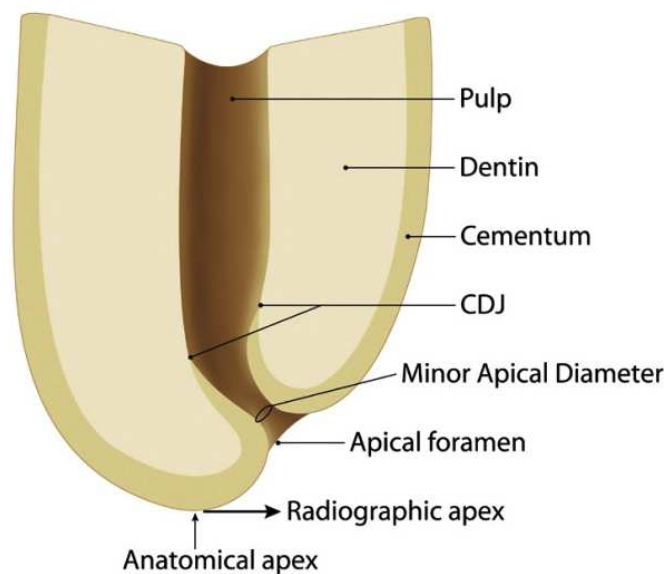
La constriction apicale est la zone la plus étroite de la section du canal. Elle se situerait à la jonction cémento-dentinaire ou très près de cette dernière, et à une distance du foramen apical de 0,5 mm chez le sujet jeune et de 0,8 mm chez le sujet âgé.

Cela conduit à déterminer la longueur de travail à 1-2 mm en deçà de l'apex radiographique/anatomique (car le foramen apical est à une distance comprise entre 0,5 mm et 0,8 mm de l'apex radiologique/anatomique auquel s'ajoute la distance foramen-constriction apicale qui

est entre 0,5 et 0,8 mm). Il est généralement admis que la préparation et l'obturation du canal radiculaire doivent se situer à la hauteur ou en léger retrait de la constriction apicale.

Spagnuolo & coll. (18) ont observé au CBCT les racines de 22 premières molaires maxillaires et ont déterminé la distance entre l'apex anatomique et le foramen apical majeur de chacun des canaux. Ils ont observé que la distance entre l'apex radiographique et le foramen apical majeur était de 1,4 mm (et non pas de 0.8 mm). Considérant les 0,5 mm séparant le foramen apical majeur de la JCD, il faudrait préparer le canal MV2 à 2 mm de l'apex radiographique.

Très souvent, le foramen apical majeur n'est cependant ni unique ni central, la technique radiographique n'est donc pas très indiquée pour déterminer la LOT du MV2. Elle ne doit être utilisée que pour confirmer la mesure obtenue à l'aide du localisateur d'apex électronique qui est la seule méthode permettant la localisation fiable et reproductible de la constriction apicale, même si de nombreuses précautions d'utilisation doivent être respectées (79).



*Figure 48: Schéma d'un apex dentaire
(SEROTA, 2008)*

Les conditions histologiques de la préparation canalaire les plus favorables correspondent à une instrumentation et une obturation qui restent en deçà de la constriction apicale, car la gutta-percha et le ciment de scellement provoquent toujours une réaction inflammatoire péri-apicale malgré l'absence de douleur.

Il a été démontré que le meilleur pronostic d'un traitement endodontique est atteint lorsque l'obturation se situe à moins de 2 mm du sommet radiographique (79).

Le choix de la limite apicale est l'un des points les plus importants et les plus controversés en endodontie. En effet, le concept qui consiste à confiner la préparation à l'espace canalaire sans dépassement instrumental fait l'unanimité. En revanche, les opinions divergent en ce qui concerne la limite qu'il convient d'adopter.

La jonction cémento-dentinaire a été proposée comme limite apicale car c'est à ce niveau que se termine l'endodonte et commence le parodonte. Il conviendrait donc d'arrêter la mise en forme à ce niveau et de laisser le cône cémentaire libre afin de permettre une réparation cémentaire après traitement endodontique.

La constriction apicale a également été proposée car elle représente une barrière naturelle. De ce fait, la constriction apicale semble être une limite apicale idéale destinée à servir de matrice pour appuyer le matériau d'obturation et éviter tout dépassement de celui-ci. Cette structure pourrait coïncider avec la jonction cémento-dentinaire ou être située très près de cette dernière.

La jonction cémento-dentinaire ne pouvant être localisée, des structures détectables ont été proposées pour déterminer la longueur de travail. Il s'agit de l'apex radiographique mis en évidence à la radiographie et de la constriction apicale détectés grâce au localisateur d'apex électronique.

4.3.2. Détermination électronique de la longueur de travail

Il existe maintenant des localisateurs intégrés dans les moteurs endodontiques, qui permettent une mesure fiable. Le praticien peut effectuer la préparation en respectant bien la longueur de travail. Ceci permet d'éviter tout dépassement ou sous préparation grâce à la multiplicité des mesures à chaque passage des instruments rotatifs.

Les fausses mesures sont essentiellement dues à des problèmes de dérivation du courant électrique (présence de fuites salivaires, crochet labial en contact avec un élément métallique, électrode en contact avec la lèvre, la joue ou la langue, électrode ou instrument endodontique en contact avec un élément métallique). D'autres facteurs, comme l'utilisation d'un instrument d'un diamètre trop faible par rapport au diamètre apical du canal, la présence d'un exsudat apical purulent et abondant, ou les dents immatures (apex ouverts) peuvent entraîner une mesure imprécise ou erronée.

Par ailleurs, aucune mesure n'est possible si le foramen apical n'est pas perméable. Donc, dans les cas de retraitement, le canal doit avoir été entièrement désobturé afin de permettre une lecture électronique de la longueur de travail.

La détermination d'une longueur de travail précise se fait par un recoupement entre la mesure donnée par le localisateur d'apex, la sensibilité tactile (après ouverture des 2/3 coronaires) et la radiographie. La vérification finale se fait lors du séchage du canal à l'aide d'une pointe de papier absorbante : une coloration brunâtre de l'extrémité de la pointe de papier indique un dépassement.

Les localisateurs d'apex permettent aussi d'éviter les fausses routes et de repérer les perforations du plancher qui sont parfois présent pour un orifice canalaire.

4.3.2.1. Revue de la littérature concernant la détermination de la longueur de travail

Une étude comparant l'efficacité du localisateur d'apex électronique par rapport à la technique radiographique a montré que 100% des limes étaient placées à +/- 0,5 millimètres du foramen apical mineur avec l'aide d'un localisateur d'apex électronique, tandis que ce n'était le cas que sur 15% des racines radiographiées (80).

Mais une revue de la littérature a conclu qu'aucune technique individuelle n'est vraiment satisfaisante dans la détermination de la longueur de travail endodontique (81). Les localisateurs modernes peuvent déterminer la position de la constriction ou du foramen apical avec exactitude dans plus 90% des cas, mais avec encore des limites.

Aucune étude à haut niveau de preuve n'a pu démontrer que les localisateurs d'apex sont une méthode infallible même si pour la plupart des cliniciens cette méthode est devenue la norme. Actuellement, la méthode électronique reste le moyen le plus fiable de détermination de la longueur de travail. Toutefois, l'utilisation conjointe de la radiographie (lime en place et/ou cône en place) et du localisateur d'apex, ainsi qu'une dernière vérification avec les cônes en papier absorbants minimise le risque d'erreur.

4.4. Mise en forme et nettoyage du système canalaire

Les concepts de mise en forme ont considérablement évolué ces dernières années. L'apparition d'instruments en alliage nickel-titane (ou Ni-Ti) a entraîné une modification du profil des instruments, de la dynamique instrumentale et des protocoles opératoires (*Haute Autorité de Santé*, 82).

L'instrumentation manuelle standard ne doit pas être abandonnée : elle est recommandée pour l'exploration initiale et elle complète l'instrumentation Ni-Ti dans certaines situations cliniques où cette dernière est contre-indiquée (par exemple dans le cas de courbures apicales abruptes, nécessitant une pré-courbure instrumentale pour être franchies, ce qui est impossible avec un instrument Ni-Ti sans mémoire de forme) (82).

La préparation canalaire consiste en la suppression de tout le contenu canalaire, à savoir le matériel organique, le matériel minéral et/ou le matériel d'obturation contaminé ou non, soit par action mécanique, soit par dissolution chimique.

Le principe de base de la mise en forme canalaire est de créer un espace de forme conique, décroissant à partir de l'accès coronaire jusqu'au foramen apical, tout en respectant l'anatomie du réseau canalaire originel et en maintenant le foramen apical à sa dimension et position naturelle (HAS, 82).

4.4.1. Particularité de la mise en forme du MV2

Nous n'allons pas détailler tous les principes de la mise en forme canalaire mais juste les points qui font la particularité de la mise en forme et de l'obturation du MV2.

4.4.1.1. Choix d'instruments à conicité constante ou variable

Nous avons vu que le MV2 présente une double courbure coronaire dite « en S » ou « en baïonnette ». Une étude de *Yang & coll.* (83) a comparé un système à conicité constante (Hero 642®, MicroMega™) et un système à conicité variable (ProTaper®, Dentsply-Maillefer™) sur les canaux « en S ». Ils ont montré que le système à conicité constante présentait de meilleurs résultats, notamment dans le centrage ainsi que dans le respect de la courbure.

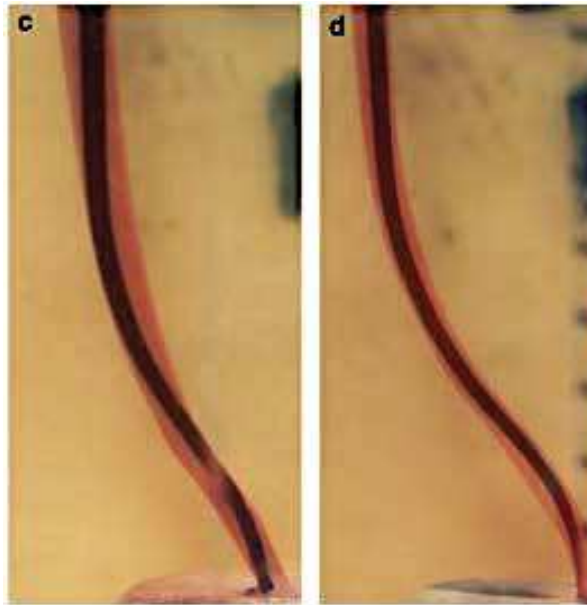


Figure 49 : Modélisation par images superposées de la trajectoire de préparation adoptée par l'instrument de rotation continue (matérialisé en rouge) et la forme du canal en S avant préparation (matérialisé en noir). L'instrument à conicité constante (image d) propose une meilleure qualité de préparation canalair que l'instrument à conicité variable (image c) (YANG & COLL., 2006).

4.4.1.2. Choix du degré de conicité instrumentale

Une mise en forme avec une conicité élevée de 6% permet une irrigation plus efficace et une meilleure obturation tridimensionnelle. Le MV2 est cependant souvent extrêmement fin et courbe, ce qui requiert l'utilisation d'un instrument plus flexible, c'est à dire dont la conicité est plus faible. (84).

Selon *Yoshimine & coll (84)* la séquence idéale pour le MV2 devrait être :

- Mise en forme avec une conicité de 6% à 1/2 ou 2/3 de la LT,
- Mise en forme avec une conicité de 4% à la LT - 2 mm
- Mise en forme avec une conicité de 2% à la LT

4.4.1.3. Gestion des courbures canalaires

Trois types de courbures peuvent être identifiées : les courbures corono-radicaire, les courbures radicaire et les courbures apicales.

- Les courbures corono-radicaux résultent d'une différence d'angulation entre la couronne clinique et la racine. Elles sont souvent présentes au niveau de la racine mésio-vestibulaire notamment au niveau du tiers coronaire du MV2 avec un rayon de courbure faible (rMV2 coro = 3,3 mm) (71) imposant de pencher les limes pour les insérer dans le canal (85). Comme mentionné précédemment, l'utilisation d'inserts ultrasonores est indiquée pour relocaliser l'orifice canalaire.
- Pour faciliter la gestion des courbures radicaux il faut :
 - Précourber les limes manuelles selon la courbure du canal
 - Mettre en forme la partie coronaire du canal
 - Irriguer entre chaque instrument
 - Perméabiliser le canal avec des limes K10 ou 15 entre chaque instrument
 - Répéter la séquence instrumentale rotative ou manuelle jusqu'à l'élimination de toutes les interférences, réduction des courbures et facilitation d'accès à l'apex
- La courbure apicale ne peut être mise en forme qu'avec des instruments manuels. La courbure apicale du MV2 est la plus importante des canaux des molaires maxillaires. Les crochets apicaux sont mis en forme en pré-courbant des limes K10 sur les 3 derniers millimètres puis en effectuant un léger mouvement horaire/anti-horaire traction. L'opération est répétée jusqu'à ce qu'il y ait une aisance instrumentale, avant de reproduire l'opération avec une lime K15 (85).

4.5. Obturation du second canal mésio-vestibulaire

4.5.1. Principes et objectifs de l'obturation canalaire

L'obturation canalaire constitue l'ultime étape du traitement endodontique.

Ces objectifs sont :

- D'isoler le système endo-canalaire de la septicité du milieu buccal et du parodonte environnant
- D'éterniser l'assainissement canalaire obtenu lors de la préparation et de prévenir tout risque de réinfection
- De permettre et favoriser la cicatrisation apicale et latéro-radicaire

4.5.2. Obturation radiculaire adéquate du MV2

Il existe plusieurs techniques d'obturation de nos jours et elles se réalisent toutes avec un cône de gutta percha et un ciment de scellement.

Caractéristiques/techniques	Avantages (dans l'ordre décroissant)	Inconvénients (dans l'ordre décroissant)
Technique mono-cône	Rapide Facile Faible coût Peu de matériel	Incontrôlable/dépassement Fracture du bourre-pâte Pas tridimensionnelle Pas de densité
Condensation latérale	Contrôlable Peu de matériel Faible coût	Longue Difficile Fêlure radiculaire Pas tridimensionnelle Pas de tenon dans la séance
Thermocompactage	Peu de matériel Rapide Faible coût Tenon dans la séance	Incontrôlable/dépassement Fracture du condenseur Échauffement tissulaire
Condensation latérale modifiée	Contrôlable Rapide Matériel peu coûteux Tenon dans la séance	Apprentissage Échauffement parodonte Pas tridimensionnelle à l'apex Fracture instrument
Condensation verticale	Tridimensionnelle Contrôlable Tenon dans la séance	Longue Apprentissage important Matériel annexe
Condensation verticale en une vague (Buchanan)	Rapide Contrôlable Tridimensionnelle Tenon dans la séance	Matériel annexe Coût initial Apprentissage Risque d'échauffement
Tuteur enrobé	Très rapide Tridimensionnelle	Matériel annexe Coût Préparation du logement de tenon parfois difficile Dépassement de gutta-percha

Tableau 4 : Comparaison des avantages et inconvénients des techniques d'obturation canalaires.

(POMMEL, 2012)

Aujourd'hui aucune étude ne s'est intéressée à la technique d'obturation qui serait la plus adéquate pour obturer le MV2.

Les études comparatives des différentes techniques d'obturation ont conclu que pour les canaux courbes et ovalaires la gutta percha chaude apporte une meilleure obturation tridimensionnelle en comparaison au compactage à froid.

Les techniques par tuteur et injection présentent un meilleur taux de remplissage que le thermocompactage et d'autant plus que la technique du compactage latéral à froid.

Une méta-analyse a montré que les obturations entre 0 et 1 mm de l'apex bénéficiaient d'un meilleur pronostic que les sous-obturations au-delà de 1 mm de l'apex (86).

4.5.3. Gestion des canaux confluent

En présence de configurations canalaire de type II de Vertucci (dans 37 % des racines MV selon Vertucci (16)), ce qui est fréquemment le cas au niveau de la racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires, *Bronnec & Caron (85)* suggèrent de procéder de la façon suivante :

- Mise en forme intégrale du canal le plus accessible de cette racine (en l'occurrence le MV1) ;
- Insertion du maître cône de gutta-percha dans le MV1 préparé ;
- Introduction d'une lime K n°10 dans le canal le moins accessible (le MV2), le cône de gutta-percha restant en place dans le MV1 ;
- Retrait du cône de gutta-percha : la présence d'une marque laissée sur le cône par la lime manuelle indique la présence d'une fusion entre les canaux. Afin d'éviter une sur-instrumentation de la zone apicale commune, la distance entre cette marque et l'extrémité du cône de gutta-percha doit être soustraite à la longueur de travail du MV2 ;
- Mise en forme du MV2 jusqu'au point d'intersection canalaire ;
- Ajustage du maître cône de gutta-percha du MV1 à la LOT puis d'un deuxième maître-cône plus court, s'arrêtant à la zone d'intersection ;
- Obturation simultanée des deux canaux.

4.5.4. Gestion des canaux divergents

Les canaux mésio-vestibulaires des molaires maxillaires sont dits divergents lorsqu'ils empruntent un trajet commun puis se séparent. Il s'agit des types V et VI de la classification de Vertucci. (Vertucci n'en n'avait pas trouvé dans son étude (16)).

Cette division canalaire n'est souvent révélée qu'au stade de l'obturation endodontique, lorsque du ciment de scellement fuse dans le canal non préparé. Si cette configuration n'est pas relevée par le praticien, elle présente des risques de fractures et de butées.

En fonction du niveau de la bifurcation, trois situations sont envisageables (85) :

- Bifurcation coronaire : mise en forme conventionnelle et indépendante de chaque canal

- Bifurcation médiane : mise en forme conventionnelle du MV1, puis mise en forme du MV2 avec des instruments en Ni-Ti précurbés.
- Bifurcation apicale : mise en forme manuelle à l'aide de limes K en acier.

Le cône de gutta percha est d'abord scellé dans le MV1 puis sectionné à chaud à la bifurcation canalaire. Il est ensuite primordial de précurber le maître cône - il est possible de maintenir cette courbure en trempant le cône dans une solution alcoolique avant de le sécher - et de faire une radiographie de contrôle maître cône du MV2 en place avant le scellement et l'obturation. Lorsque la division est basse, l'angulation est souvent sévère et le segment à mettre en forme s'avère court. Plutôt que de mettre en forme à tout prix, au risque de créer une butée au niveau de la bifurcation, il est préférable de maintenir la perméabilité de cette trajectoire et de traiter ce canal comme un canal latéral, scellé uniquement au ciment de scellement.

4.5.5. Gestion des oblitérations physiologiques

Les oblitérations physiologiques du canal sont issues de la réaction pulpo-dentinaire. Ce sont des phénomènes avec une progression corono-radriculaire : le canal est donc souvent oblitéré coronairement mais perméable dans le tiers apical. Il convient dès lors de localiser l'orifice canalaire, rectifier l'angle d'accès au canal, puis pré-élargir les deux tiers coronaires du canal pour, *in fine*, entamer la mise en forme du tiers apical à l'aide d'instruments pré-courbés de petit calibre et d'un gel lubrifiant.

4.6. Conséquences d'un défaut de traitement du MV2

Dans leurs études, *Pineda & Kuttler* (87) démontrent que le succès endodontique clinique radiographique et aussi histologique est rarement atteint. La conception clinique du succès endodontique paraît encore éloignée de la pratique courante qui elle est trop souvent en échec.

Les molaires maxillaires font partie des dents les plus difficiles à traiter endodontiquement, c'est pour cela qu'elles sont fréquemment touchées par des parodontites apicales, marqueurs d'un traitement endodontique septique ou insuffisamment antiseptisé.

L'absence de traitement du MV2 des molaires maxillaires pourrait expliquer un certain nombre de ces échecs endodontiques.

En présence d'une lésion inflammatoire périradiculaire d'origine endodontique (LIPOE) après un TE ou après un RTE *a priori* adéquat, le praticien peut envisager deux hypothèses pour l'échec endodontique :

- Dans un premier temps, il doit chercher un MV2 et réaliser son traitement selon les étapes endodontique conventionnelles.
- Dans un second temps en l'absence de MV2 (ou s'il a été traité de façon adéquate) la parodontite apicale réfractaire peut également être liée à la présence de bactéries intra-canalaires extrêmement résistantes ou à la constitution d'un biofilm extra-radicaire inaccessible lors du RTE : seule une thérapeutique rétrograde peut alors être envisagée. Celle-ci constitue le dernier recours pour la sauvegarde dentaire.

4.6.1. Influence de la première molaire maxillaire dans le développement de parodontites apicales

Boucher & coll. (88) dans leur étude sur le taux de parodontites apicales (PA) liées à des traitements endodontiques non-conformes aux données acquises de la science ont démontré que 27% des dents possédant un traitement endodontique inadéquat présentent une LIPOE radiographique, contre 16% pour des dents possédant un traitement endodontique jugé adéquat. La qualité d'obturation radiographique influence donc le statut péri-apical (les dents présentant une LIPOE malgré un traitement endodontique *a priori* adéquat ont dû être l'objet de défauts du traitement endodontique non radio-visibles (défaut d'asepsie, d'irrigation, d'élargissement pariétal...)).

Pour définir l'état péri-apical, les auteurs utilisent le score PAI (*Peri-Apical Index scoring system*). Celui-ci se codifie selon une échelle de 1 à 5 :

- Score 1 : définis un péri-apex sain ;
- Score 2 : élargissement desmodontal associé ou non à une diminution suspectée de la densité osseuse en regard de l'apex
- Score 3 : élargissement desmodontal associé à une diminution de la densité osseuse ;
- Score 4 : parodontite apicale chronique avérée ;
- Score 5 : parodontite apicale chronique avérée, avec signes d'exacerbation aigus secondaire.

Les stades 1 et 2 sont définis comme physiologique d'après *Ørstavik & coll. (89)*. Mais *Boucher & coll* définissent le stade 2 comme pathologique, car la perte de densité osseuse peut être due à un état irritatif certain ou d'une évolution vers un état pathologique ultérieur avéré.

Pour les dents pluri-radiculés, c'est le plus haut score d'une des racines qui est retenu.

Les résultats concernant les premières molaires maxillaires sont les suivants :

- La dent la plus touchée par une parodontite apicale chronique (PAC). (18 % de l'ensemble des premières molaires maxillaires a un PAI strictement supérieur à 2)
- La dent la plus touchée par une PAC sans qu'il y ait eu intervention endodontique
- La seconde dent traitée endodontiquement la plus touchée par une PAC après les incisives mandibulaires.

Ce que nous pouvons en conclure :

- Le fait d'être touché par une PAC sans traitement endodontique, peut découler d'atteintes carieuses volumineuses fréquentes (expliquées par leur éruption à 6 ans sur l'arcade dentaire) ou par la tendance des patients à laisser traîner en postérieur.
- Le fait d'être atteint par une PAC après traitement endodontique peut d'une part être dû aux lacunes en endodontie des dentistes français (en effet seulement 15,1% des traitements endodontiques des premières molaires maxillaires sont jugés adéquats selon les critères de l'étude). Elle peut également être due à l'absence de considération du MV2 dans le traitement. L'index péri-apical est défavorable ($PAI > 2$) chez 25,5% des premières molaires maxillaires ayant subi un traitement endodontique jugé adéquat, contre 24,9% des premières molaires maxillaires ayant subi un traitement endodontique inadéquat. L'absence de traitement du MV2 pourrait être la cause des mêmes taux d'apparition de PAC pour les traitements jugés adéquats et inadéquats radiographiquement.

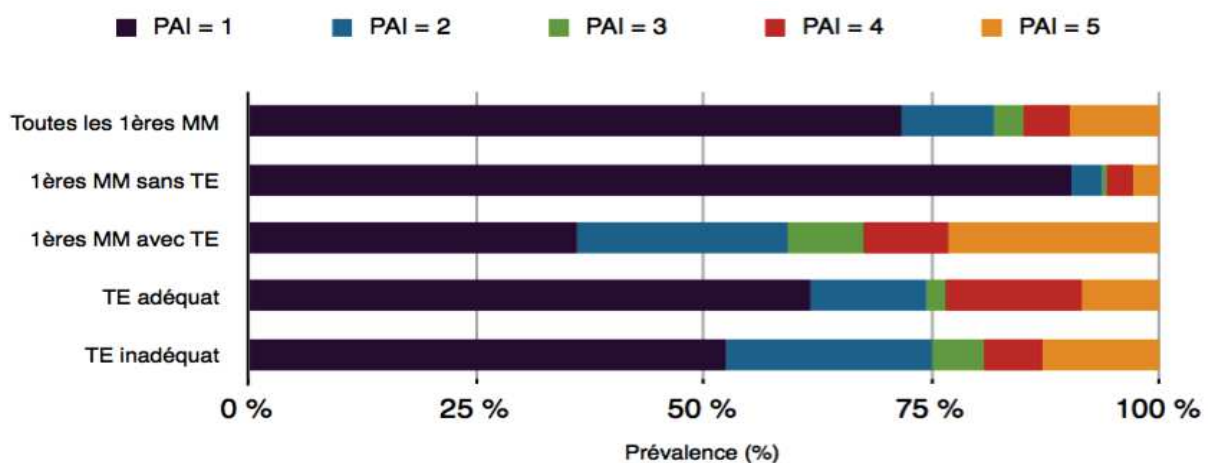


Tableau 5 : Graphique en barres empilées présentant la prévalence des parodontites apicales en fonction du score PAI (Peri-Apical Index) sur les racines des premières molaires maxillaires (1ères MM) ayant subi ou non un traitement endodontique (TE), et ce traitement endodontique étant jugé adéquat ou inadéquat (BOUCHER & COLL., 2002)

Si la majorité des praticiens savent aujourd'hui que le MV2 des molaires maxillaires existe, peu d'entre eux le traitent : sur 1143 praticiens flamands, 70% d'entre eux avouent le chercher rarement, voire jamais (90).

Il en découle un constat accablant une explication aux nombreux échecs endodontiques Malheureusement, aucune étude à ce jour n'a analysé de manière isolée les LIPOE sur le MV2 et leurs prévalences sur ce canal.

4.7. Retraitement orthograde

4.7.1. Définition

Le retraitement endodontique (RTE) est une procédure qui concerne des dents pour lesquelles un traitement endodontique (TE) a précédemment été effectué et dont le réseau canalaire a déjà été obturé de manière complète, partielle ou excédentaire. Le RTE est envisagé lorsqu'un TE précédent n'a pas atteint les objectifs définis. Le TE et le RTE ont des points communs. Mais généralement, la présence de matériaux intra-canaux complique le RTE. De même, une reconstitution coronaire complexe peut rendre plus difficile l'accès au réseau canalaire. (ANDEM, 91)

Le retraitement endodontique consiste à éliminer de la dent tous les matériaux d'obturation canalaire et à refaire le nettoyage, la mise en forme et l'obturation des canaux. Le retraitement est fait lorsque le traitement initial apparaît inadéquat ou a échoué, ou lorsque le réseau canalaire a été contaminé par une exposition prolongée à l'environnement intra-oral. (AAE, 92).

4.7.2. MV2 et retraitement endodontique

La première molaire maxillaire est la dent présentant la plus grande proportion de « canaux manqués » (93). Le pronostic de ces dents retraitées est supérieur aux autres dents présentant un RTE (81,7% des RTE liés à un canal manqué aboutissent à un succès endodontique clinique et radiographique, contre 72,7% pour l'ensemble des dents soumises à un RTE pour une autre raison). *Wolcott & coll.* (57) dans leurs études ont cherché à comparer la prévalence du MV2 sur des dents soumises à un traitement endodontique initial ou à un retraitement endodontique (dut à une PA). Pour le traitement initial, 57,9% des molaires (1629 sur 2814) présentent un MV2 alors que pour le retraitement, 66,0% (504 sur 764) des dents retraitées présentaient un MV2.

Le test du Khi2 montre une différence significative pour les premières molaires maxillaires ($p < 0,0001$) : la prévalence du MV2 augmente significativement sur les premières molaires maxillaires touchées par une PAC (57).

Cette étude nous montre que le MV2 est la cause d'un grand nombre d'infections péri-apicales et donc que ce MV2 est un facteur nécessitant la reprise du traitement initial. Le MV2 serait ainsi un facteur d'échec endodontique.

Il est donc primordial d'entreprendre le traitement du MV2 lors du retraitement endodontique.

4.8. Apport de la chirurgie

En cas d'impossibilité ou d'échec du retraitement endodontique orthograde, le traitement chirurgical des lésions péri-apicales est l'ultime alternative à l'amputation radiculaire ou à l'avulsion dentaire.

4.8.1. Définition de la chirurgie apicale

La chirurgie péri-radicaire appelée également chirurgie endodontique ou plus communément résection apicale, occupe une place de premier ordre dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste.

Elle intervient dans la majorité des cas suite à un échec du traitement endodontique orthograde. En effet, elle est, dans la majorité des cas, imputable à un manque d'étanchéité de l'obturation canalaire. Il est donc nécessaire de reprendre le traitement endodontique quand cela est possible avant de faire intervenir la chirurgie périradiculaire.

Ce sont les échecs et les impossibilités de l'endodontie qui ont favorisé le développement de cette technique chirurgicale.

4.8.2. Objectifs

- Éliminer le tissu mou pathologique
- Réséquer l'apex afin de supprimer les canaux secondaires et latéraux qui peuvent contenir de nombreux micro-organismes inaccessibles par voie orthograde
- Réaliser une obturation a rétro étanche et biocompatible afin d'isoler le système endodontique des tissus péri-apicaux (78).

- L'objectif final d'une chirurgie apicale est la régénération des tissus péri-apicaux (cément, desmodonte, os) et la disparition des signes cliniques.

4.8.3. Chirurgie apicale des racines MV des premières molaires maxillaires

En raison de la difficulté et complexité plus élevée de la technique opératoire, il convient d'examiner le bénéfice/risque de chaque première molaire maxillaire. Les critères fondamentaux en faveur de la sauvegarde des molaires sont des considérations relevant de la fonction masticatrice, beaucoup moins que pour des motifs prothétiques (94).

La plus grande difficulté d'une chirurgie apicale sur une première molaire maxillaire est la proximité des apex des molaires en regard du sinus maxillaire. Dans certains cas isolés, le volume de la cavité du sinus maxillaire peut s'étendre jusque dans la furcation des racines des molaires, voire même se prolonger jusqu'au rebord alvéolaire.

La représentation précise du recouvrement des apex des molaires maxillaires par le plancher sinusien sur des radiographies classiques, rend très délicat le diagnostic préopératoire de la région péri-apicale de ces dents. C'est pourquoi l'utilisation du CBCT doit être toujours présente dans l'arsenal thérapeutique au moindre doute (94).

Afin d'éviter l'ouverture du sinus maxillaire au cours de l'intervention, il faut procéder avec délicatesse lors de l'ostéotomie servant à exposer les apex, respectivement au cours du curetage de la région péri-apicale. Il faut éviter tout refoulement de corps étrangers en direction du sinus maxillaire (apex réséqué, matériaux pour l'hémostase, matériau d'obturation rétrograde) (94).

En cas d'ouverture accidentelle du sinus, il est possible de colmater la communication bucco-sinusienne, en recourant, selon l'étendue de la plaie, soit à une colle à base de fibrine, soit à une membrane bio-résorbable pour refermer la pénétration de la muqueuse (94).

En raison de l'épaisseur relativement faible de la corticale, l'accès aux racines vestibulaires des molaires du maxillaire supérieur est assez aisé.

Un autre problème propre aux racines pluri-canales est la présence de communications extrêmement fines entre les différents canaux : les isthmes ; or, il est pratiquement impossible de préparer ces zones microscopiques par la technique orthograde conventionnelle. Dans la plupart des cas, l'isthme entre les deux canaux de la racine mésio-vestibulaire peut facilement être mis en

évidence après résection apicale, non seulement sur la surface de résection de l'apex amputé, mais également au niveau du néo-apex ainsi créé.

Dans la littérature (18-73) une fréquence particulièrement élevée a été rapportée de la présence de tels isthmes sur les racines mésio-vestibulaires des premières molaires supérieures.

La coloration au bleu de méthylène, permet de mettre en évidence, après la résection apicale, d'une part les pourtours de la surface de résection et, d'autre part, la présence éventuelle à ce niveau-là, d'un isthme inter-canalair.

Il faut également rappeler le delta apical et les ramifications des canaux latéraux, en tant que variations possibles de l'anatomie pulpaire. À noter qu'il est pratiquement impossible de traiter ces derniers par voie chirurgicale, associé à une grande variation de la morphologie radiculaire et de la présence ou absence du MV2.

Habituellement la résection de la racine mésio-vestibulaire se fait par abord vestibulaire.

Pour la préparation à rétro, les inserts ultrasoniques montrent de meilleurs résultats que les fraises. Grâce à l'accès facilité par l'insert recourbé et une préparation moins délabrante (94).

4.8.4. Étendue de la résection apicale

La majorité des ramifications canalaires se trouvent dans les 3 derniers millimètres apicaux (prévalence des canaux secondaires dans les racines MV des premières molaires maxillaires 68,2% (17), 73,3% (18) et 80,0% (19)) et donc une résection à 3 millimètres de l'apex anatomique permettait l'exérèse de 93% des canaux accessoires et secondaires (94).

Degerness & Bowles (95) se sont penchés plus précisément sur la racine mésio-vestibulaire et on conclut qu'une résection à 3,6 millimètres de l'apex anatomique permet d'englober 80,0% des ramifications apicales.

Il est donc conseillé pour une racine mésio-vestibulaire de réséquer à 4 mm pour éliminer le maximum d'isthme et de canaux accessoires.

4.8.5. Épaisseur des murs radiculaires résiduels

L'épaisseur des murs mésiaux et distaux autour du MV1 et du MV2 a été mesurée sur 163 racines mésio-vestibulaires en fonction de la distance à l'apex anatomique (95). Une épaisseur de 2 millimètres est recommandée pour diminuer la tendance à la microfracture des pans radiculaires résiduels. Mais cet objectif est utopique pour les murs mésiaux et distaux de la racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires : en effet, une épaisseur de 2 millimètres n'est obtenue qu'à proximité de la furcation.

Autour du MV2, l'épaisseur est extrêmement faible sur toute la portion. Il se pose donc la question s'il faut inclure ou exclure le MV2 dans la préparation à rétro, avec le risque de compromettre le pronostic de la dent. Il n'y a pas de consensus ni d'étude comparative sur ces deux solutions

4.8.6. Taux de succès

De nos jours grâce aux innovations dans le domaine optique, des matériaux d'obturation ainsi que dans le domaine des instruments, la micro- chirurgie endodontique propose des taux de succès très élevés, compris entre 88,0% (96) et 91,2% (97).

En comparaison du retraitement endodontique orthographe, la chirurgie endodontique présente un succès initial supérieur (77,8% de succès à 2-4 ans pour la chirurgie apicale contre 70,9% pour le retraitement endodontique, selon la méta-analyse de *Torabinejad & coll.* (98)).

Par contre le pronostic à long terme (6 ans) est en faveur du retraitement (83,1% pour le RTE contre 71,8% pour la chirurgie apicale).

Une méta analyse italienne datant de 2007 (99) comparant les taux de succès des retraitements orthogrades et chirurgicaux, en vient aux mêmes conclusions que *Torabinejad & coll.* concernant les taux de succès à court et long terme. Mais selon eux il n'y a pas assez d'études cliniques randomisées sur le sujet pour conclure réellement sur la différence de taux de succès.

De plus on pourrait considérer la comparaison de ces taux de succès non-judicieux puisque ces deux traitements possèdent des indications différentes : le RTE doit être envisagé en première intention lorsqu'il est possible, la chirurgie apicale constituant une alternative substitutive ou complémentaire.

Aucune étude à ce jour n'a été réalisée concernant le taux de succès de la chirurgie apicale sur les premières molaires maxillaires.

4.9. Amputation radiculaire

L'amputation radiculaire consiste à éliminer une racine d'une dent pluri-radiculée (100).

Une amputation de la racine mésio-vestibulaire peut être envisagée après échec de la chirurgie apicale.

Le taux d'échec est important selon *Newell & coll.* (101) surtout pour la racine mésio-vestibulaire (44%), pouvant s'expliquer par la difficulté de la section complète de cette racine du fait de sa largeur vestibulo-palatine importante.

4.10. Reconstitutions coronaires

4.10.1. Reconstitution coronaire étanche

L'apparition puis l'aggravation d'une LIPOE peuvent se produire suite à la recolonisation bactérienne du fait d'un défaut d'étanchéité coronaire. C'est pour cela que tout traitement endodontique doit être suivi d'une restauration coronaire étanche.

L'AAE (77) donne 3 points à respecter pour une obturation coronaire post-endodontique :

- En post-traitement, l'obturation coronaire temporaire doit être d'au moins d'au moins 4 mm d'épaisseur (Cavit®, IRM®) et placée dans la cavité d'accès sans laisser ni vide ni espace. Ce genre d'obturation ne garantit l'étanchéité que pendant 3 semaines.
- Après l'obturation radiculaire, la restauration coronaire définitive doit se faire le plus tôt possible et de manière appropriée et atraumatique occlusalement.
- Même en présence d'une restauration coronaire définitive étanche, un contrôle sur le long terme doit être fait pour l'étanchéité ainsi que la récurrence carieuse.

4.10.2. Obturation apicale ou coronaire

La restauration coronaire est, avec la qualité du traitement endodontique, le facteur principal qui fait varier le taux de succès endodontique.

Les auteurs s'accordent à définir comme adéquate :

- Un traitement endodontique (TE+) lorsque tous les canaux sont obturés entre 0 et 2 mm de l'apex radiographique, avec une densité correcte.
- Une reconstitution coronaire étanche (RC+) radiographiquement en l'absence de récurrence curieuse et de hiatus apparent à la jonction restauration-dent

Les auteurs sont d'accord pour dire que le meilleur taux de succès endodontique se retrouve chez les dents présentant un TE et une RC adéquats (entre 79,2% et 91,4% selon les auteurs) inversement des dents présentant un TE et une RC inadéquats (entre 18,1% et 57,0% selon les auteurs).

Pour *Tronstad & coll.* (102), il est plus important de bien réaliser le traitement endodontique que la restauration coronaire pour avoir un succès endodontique.

En effet un TE inadéquat peu importe sa RC, permettra le succès une fois sur deux (56,0% de succès endodontique (RC+), 57,0%(RC-)). Alors qu'un traitement endodontique adéquat (TE+) associé à une reconstitution coronaire inadéquate (RC-) affiche un taux de succès de 71,0%.

4.10.3. Restaurations coronaires de la première molaire maxillaire

Boucher & coll. (88), dans leur étude française donne le score PAI de 207 premières molaires maxillaires selon le type de reconstitution coronaire :

- Les RPC obtiennent un PAI ≤ 2 dans 86,7% des cas
- Les RCR indirectes (inlay-core métallique + couronne) obtiennent un PAI ≤ 2 dans 73,6% des cas
- Les RCR directes (incluant toutes les associations d'un tenon avec une reconstitution directe) obtiennent un PAI ≤ 2 dans 62,7% des cas

Les molaires maxillaires du fait leurs caractéristiques anatomiques (chambre pulpaire large, racines fines et courbes potentiellement fragilisées par un ancrage radiculaire) sont plus propices au RCP qu'au RCR.

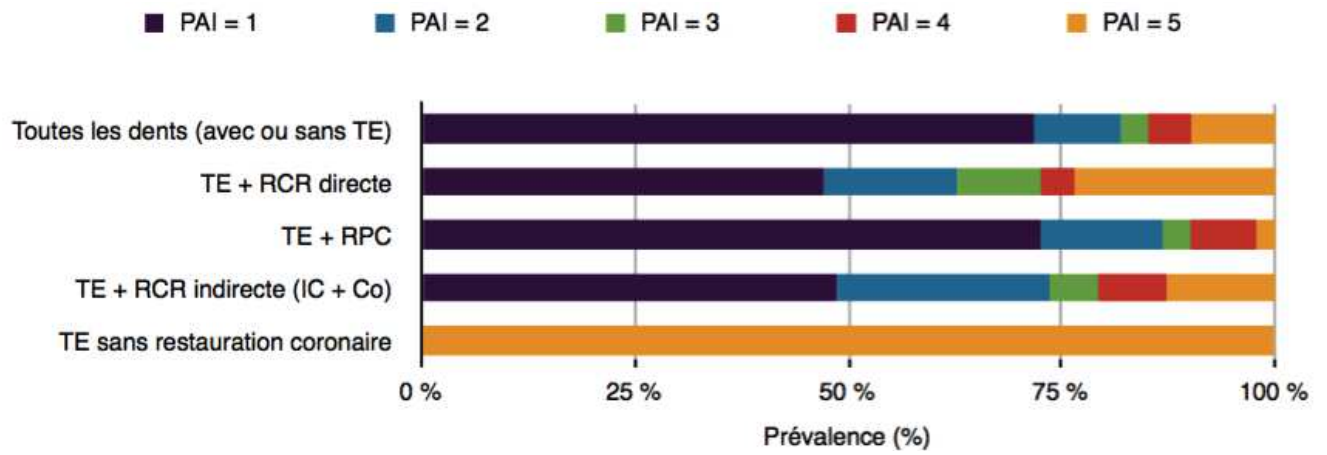


Tableau 6 : Index périapical (PAI) au sein des premières molaires maxillaires étudiées en fonction du type de reconstitution coronaire (BOUCHER & COLL., 2002).

5. Enquête sur le MV2 dans un cabinet privé

5.1. Séquence « 4S » du Dr Thierry ROOS

Le Dr ROOS dans son cabinet de Strasbourg utilise une méthode en 4 temps (4S) pour la localisation et la mise en forme canalaire, particulièrement pour le MV2 :

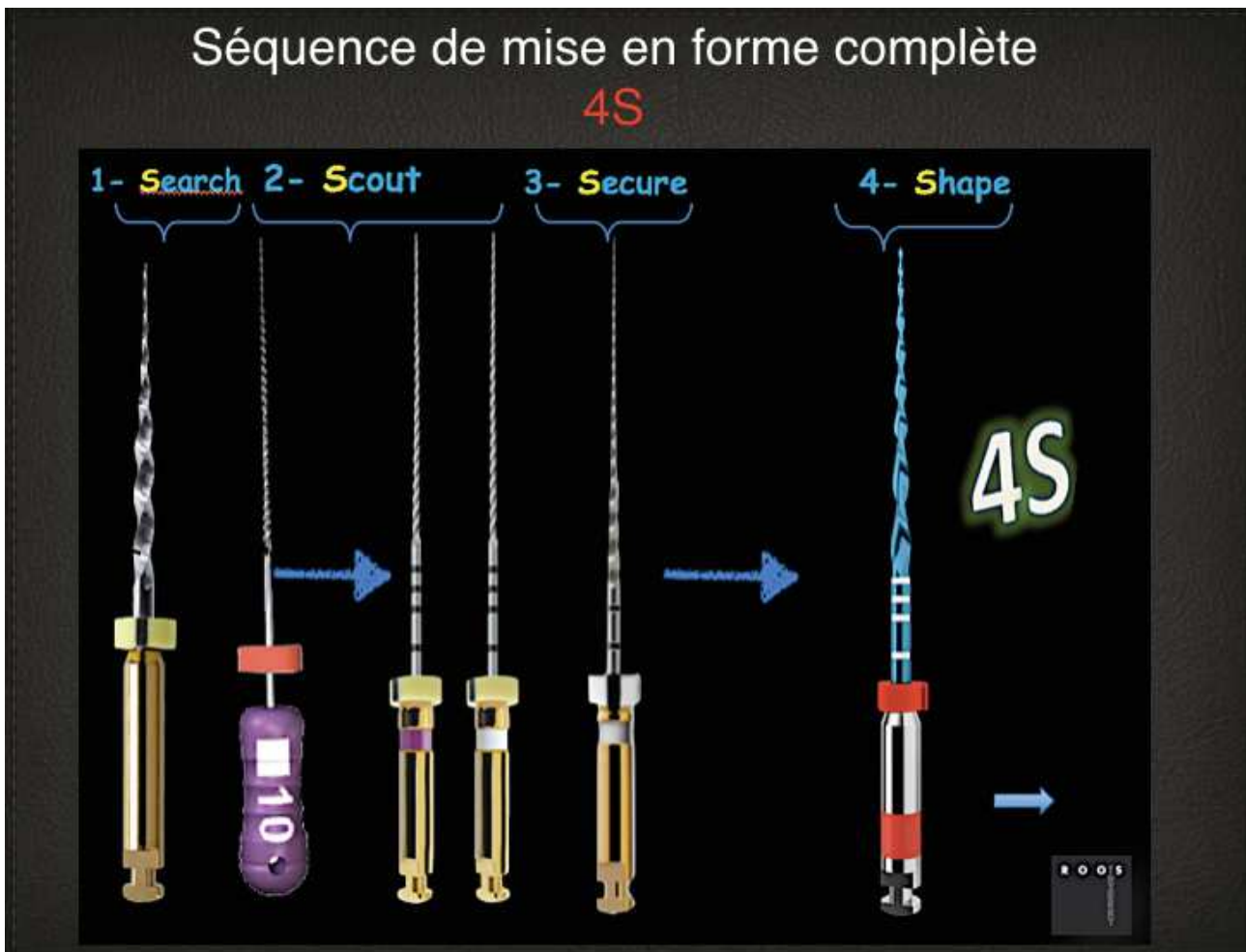
1^{er} temps : Search (localisation), il utilise le SX de Protaper en rotation continue (200 tr/min) pour réaliser la pénétration initiale et le pré-élargissement de l'entrée canalaire. C'est un instrument court (19 mm) qui permet un bon accès à la partie coronaire très horizontale du MV2. De plus son diamètre très fin à la pointe (019), lui permet de pénétrer facilement dans beaucoup d'entrées canalaire. De plus sa conicité (9 conicités allant de 3,5 % à 19 %) lui permet de réaliser un bon élargissement coronaire. Son avantage est sa facilité de pénétration associée à l'élargissement coronaire produit.

2^{ième} temps : Scout (exploration), il utilise les Path File 013 et 016 en réciprocité puis en rotation continue (200 tr/min), pour l'exploration et la perméabilisation initiale du trajet canalaire. Il est possible d'utiliser une lime K 10 avant les Path File, mais le Dr ROOS depuis qu'il utilise des Path File en réciprocité, n'utilise plus aucun instrument manuel. En effet, la réciprocité augmente encore l'efficacité des Path File.

3^{ième} temps : Secure (Sécurisation), il utilise pour sécuriser le trajet canalaire et faire le pré-élargissement du canal, le ProGlider 016 en réciprocité puis en rotation continue (200 tr/min). Une fois que le ProGlider va jusqu'à la LOT, le canal peut être mis en forme en toute sécurité et il n'y aura plus aucune difficulté pour amener jusqu'à la LOT l'instrument de mise en forme. Dans le cas de canaux très fins et/ou courbes, il peut aller à la LOT en plusieurs étapes, voir repasser un PathFile pour avoir une meilleure perméabilité.

4^{ième} temps : Shape (mise en forme), il utilise un Reciproc (R25) ou un WaveOne (Primary 025) pour mettre en forme le canal. Il peut le faire en deux temps dans les canaux très fins sans aller directement à la LOT.

Le Dr ROOS utilise tous ces instruments sur un moteur Reciproc Gold (VDW) avec des programmes spéciaux pour chaque instrument. Le localisateur intégré est utilisé à chaque instrument du SX au Reciproc pour un contrôle constant de la LOT.



*Figure 50: Séquence 4S
(ROOS, 2017)*

5.2. Sélection des cas

L'étude s'est déroulée dans le cabinet du Dr ROOS. Les dossiers papiers ont été triés, pour ne sélectionner que ceux où une 16 ou 26 avait été traité. Puis sur ces dossiers, les 150 premiers ont été gardés pour réaliser l'étude.

5.3. Analyse des données

Dans un premier temps, ont été analysés sur les dossiers papiers :

- La lettre adressant le patient au Dr ROOS précisant les causes nécessitant un traitement endodontique spécifique.
- Le traitement effectué par le Dr ROOS :
 - Un traitement endodontique orthograde avec la longueur d'obturation de chaque canal précisé et le nombre de canaux traité.

- Un traitement endodontique chirurgical.
- Abstention, car la dent n'était pas conservable.
- Abstention, car le patient n'a pas donné suite.
- Un traitement endodontique chirurgical suite à un traitement endodontique orthograde ayant échoué.

Dans un deuxième temps, ont été analysées des radios rétro-alvéolaires en pré-op, per-op, post op, à 3 mois, à 6 mois et jusqu'à 5 ans dans certains cas.

Sur ces radios, étaient relevés :

- Les LIPOE et leur localisation péri-radriculaire si c'était possible.
- La cicatrisation osseuse à 6 mois avec disparition de la radio-clarté péri-radriculaire et épaissement osseux



Figure 51: Traitement endodontique sur une 16 avec suivi à 6 mois. (a) Radiographie pré-op avec présence d'une lésion apicale en regard de la racine MV. (b) Radiographie post-op avec le MV2 obturé et indépendant. (c) Radiographie de contrôle à 6 mois avec disparition de la lésion apicale (ROOS, 2017)



Figure 52: Traitement endodontique chirurgical d'une 26. (a) Radiographie pré-op montrant une lésion apicale en regard de la racine MV. (b) Radiographie à 3 mois montrant le processus de cicatrisation en regard de la racine réséquée.

(ROOS, 2017)

Sur les CBCT (fait systématiquement) étaient relevés :

- La présence d'un orifice d'entrée du MV2, ainsi que son trajet canalaire rejoignant le MV1 ou non.
- Les LIPOE et leurs localisations péri-radulaire.

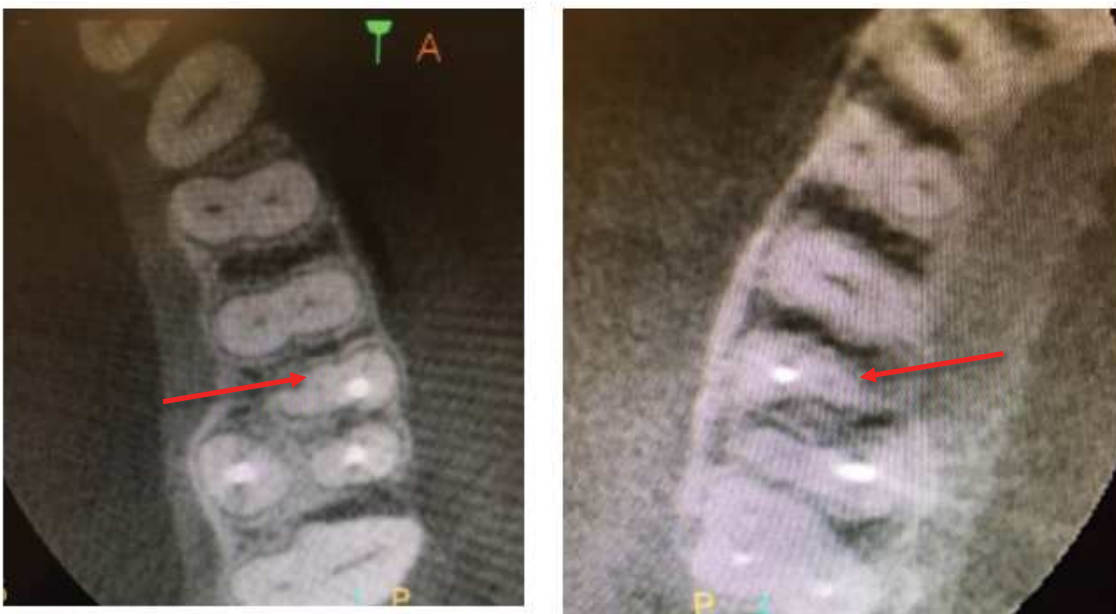


Figure 53: Coupes de CBCT montrant des MV2 non traités

(ROOS,2017)

5.4. Résultats

Nous avons analysé 150 cas de premières molaires maxillaires (16-26), sans distinction de sexe ou d'âge.

Sur ces 150 cas, au moins une radiographie rétro-alvéolaire a été faite et dans 84,67 % des cas une CBCT a été réalisé.

	Nombre	Pourcentage (en %)
Cas analysé	150	100
Radiographies rétro-alvéolaire analysé	150	100
CBCT analysé	127	84,67

Tableau 7 : Récapitulatif du nombre de cas étudiés et des radiographies utilisées

Les raisons de la consultation du patient chez le Dr ROOS sont variées et présentées dans le tableau ci-dessous.

Raisons	Nombre	Pourcentage (en %)
Traitement incomplet	6	4
LIPOE	25	16,67
Perforation du plancher pulpaire	3	2
Réalisation du RTE	49	32,67
Réalisation de la chirurgie apicale	30	20
Difficulté de progression dans les canaux radiculaires	11	7,33
Douleurs persistantes	12	8
Fracture instrumentale	13	8,67
Fracture radiculaire	1	0,66

Tableau 8 : Récapitulatif des motifs de consultation

Dans quasiment 1/3 des cas (32,67 %), le praticien adresse pour réaliser un RTE et dans 1/5 pour directement réaliser une chirurgie. Dans 16,67 % des cas c'est suite à une LIPOE qu'est adressé le

patient. Les premières molaires maxillaires adressées au Dr ROOS sont quasiment toutes déjà traitées au préalable, donc dans la grande majorité des cas le Dr ROOS doit réaliser immédiatement le RTE voire la chirurgie. Le Dr ROOS ne traite quasiment jamais de première molaire maxillaire vitale ou en première intention.

La localisation des LIPOE sur les 3 racines est présentée sur le tableau ci-dessous :

	Nombre	Pourcentage (en %)
LIPOE détectée sur la racine MV à la radiographie rétro-alvéolaire	116	77,3
LIPOE détectée sur la racine DV à la radiographie rétro-alvéolaire	70	46,7
LIPOE détectée sur racine P à la radiographie rétro-alvéolaire	65	43,3
LIPOE détectée sur racine MV au CBCT	142	94,6
LIPOE détectée sur racine DV au CBCT	96	64
LIPOE détectée sur racine P au CBCT	101	67,3

Tableau 9 : Récapitulatif de la localisation des LIPOE

On peut déjà voir que c'est sur la racine MV qu'il y a le plus de LIPOE (77,3 %). Sur les deux autres racines, le taux de LIPOE est quasi identique (DV : 46,7%, P : 43,3 %).

Grâce au CBCT le taux de détection augmente de quasiment 20% sur chaque racine avec une présence quasi-systématique de LIPOE sur la racine MV (94,6 %). Sur les deux autres racines la présence est aux alentours de 65%.

	Nombre	
Cas traité par voie orthograde	87	58
Cas traité par voie chirurgie	57	38
Pas donné suite à la consultation initiale	4	2,7

	Nombre	
Extraction	2	1,3

Tableau 10 : Récapitulatif mode de traitements endodontique

Dans plus de la moitié des cas les dents ont été traitées initialement par le Dr ROOS avec un retraitement endodontique orthograde et dans 38 % des cas, la chirurgie a été envisagée directement.

Dans très peu de cas le Dr ROOS a dû avoir recours à l'avulsion.

La plupart des patients adressés chez le Dr ROOS réalisent le traitement recommandé par ses soins.

Résultat des cas traités par voie orthograde :

MV2 traité par le Dr ROOS sans qu'il n'ait été traité préalablement	78	89,65
MV2 traité préalablement	1	1,15
MV2 non présent	8	9,20
Cicatrisation osseuse à 6 mois	66	75,86
Pas de suivi après le traitement orthograde	11	11,85
Passer par la chirurgie	8	10
Echec	2	2,29

Tableau 11 : Récapitulatif des résultats du traitement par voie orthograde et des MV2 traités

Dans 90 % des cas, le Dr ROOS a traité un MV2 non traité au préalable. Avec un taux de succès de 76 % à 6 mois, considérant la cicatrisation osseuse comme le critère de réussite dans cette étude.

Dans quasiment 1/10 des cas il y a une absence de suivi, sans doute dut au fait qu'il est réalisé chez le praticien référant.

Les échecs sont très faibles (2,29%) car il y a une possibilité de passer par la chirurgie (10%) si le traitement initial ne fonctionne pas.

Résultat des cas traités par voie chirurgicale :

Cicatrisation osseuse 6 mois	51	89,4
Pas de suivi	3	6
Échec	3	4,7

Tableau 12 : Récapitulatif des résultats des traitements par voie chirurgicale

Dans quasiment 90% des cas, la chirurgie permet une guérison osseuse et donc une réussite pour cette étude.

L'échec est très faible (4,7 %)

5.5. Discussion/Conclusion

La grande majorité des cas traités par le Dr ROOS intervient après l'échec d'un traitement initial par le dentiste référent. En effet, tous les cas adressés présentent un traitement initial inadéquat ou une difficulté pendant le traitement initial qui requiert l'expertise du Dr ROOS.

Sur les cas adressés au Dr ROOS, la racine MV présente une LIPOE quasi systématiquement (le taux de détection augmente encore avec l'utilisation de CBCT). Ce taux est beaucoup plus élevé (77 % sur les radiographies rétro-alvéolaires et 94 % sur le CBCT) que dans l'étude de *Boucher & coll.* (88) (le taux de présence de PA sur les premières molaires maxillaire est de 18%). Mais cette différence s'explique dans le fait que les dents étudiées sont des dents adressées chez le Dr ROOS, car elles nécessitent une prise en charge endodontique. Les premières molaires maxillaires de l'étude de *Boucher & coll.* ne font pas la distinction entre les intactes, les traitées correctement et celles incorrectement. Mais une étude de 2006 (46) mais avec un échantillon très petit (39 molaires maxillaires) et utilisant les mêmes méthodes de détection des LIPOE (radiographies 2D et 3D) arrive à un taux de présence de LIPOE (sans faire la distinction des 3 racines) de 84 % avec la radiographie 2D et de 97 % avec la 3D, très proche de proche des chiffres de notre étude.

Dans plus de la moitié des cas (58%), le Dr ROOS effectue le traitement du cas par voie orthograde avec un taux de succès de 77% comparable aux différentes études sur le taux de succès des RTE sur les premières molaires maxillaires (70% (103) à 82 %(93)). Il se rajoute la possibilité, par la suite de traiter la dent par voie chirurgicale avec un taux de succès de 90%. Il est identique aux chiffres d'études sur la chirurgie apicale (88% (96) 91%(97)).

Sur tous les cas, une seule dent (1,15%) avait son MV2 déjà traité. Le Dr ROOS le localise et le traite dans 90% des cas, ce qui est comparable aux taux de localisation des études récentes utilisant un CBCT comme moyen de localisation (77%(71) à 90 %(74)). Cela montre bien que les omnipraticiens bien qu'ayant conscience de ce quatrième canal ne cherchent pas à le traiter, ce qui peut expliquer une partie des échecs et la présence d'un taux supérieur de LIPOE sur la racine mésio-vestibulaire en comparaison des deux autres racines.

Cette petite étude locale, nous montre des chiffres comparables en termes de détection du MV2 ainsi qu'en terme de succès des traitements orthogrades ou chirurgicaux. Mais cette étude a été réalisée chez un spécialiste en endodontie ce qui explique les taux de succès et de localisation proche des études publiées dans le Journal of Endodontics, qui sont des études réalisées par des endodontistes exclusifs quasiment systématiquement. Aucune étude n'a été réalisée par des omnipraticiens. Donc ces chiffres sont surévalués pour la pratique omnipraticienne.

Cela nous montre aussi un peu le manque de considération pour le traitement de ce canal par certains dentistes qui explique un certain nombre d'échecs des traitements initiaux. Le fait que quasiment systématiquement une LIPOE se développe sur la racine MV, est expliquée en partie par l'absence de traitement du MV2 et par la complexité anatomique que présente cette racine.

Il faudrait faire une nouvelle étude dans plusieurs années pour voir si l'augmentation des connaissances des jeunes praticiens, associée à une amélioration du matériel endodontique disponible, permettrait de diminuer le nombre de cas adressés au Dr ROOS pour des MV2 non traités et qui pourrait être traités en cabinet d'omnipraticien.

CONCLUSION

Par le biais de cette thèse, nous avons essayé de faire une synthèse des connaissances portant sur le second canal mésio-vestibulaire (MV2) de la première molaire maxillaire.

Les études menées *in vivo* attestent de la présence d'un MV2 dans un peu plus de 50% des cas, avec un MV2 indépendant du MV1 dans un cas sur deux. C'est ce que révèle Cleghorn *et al.*, (2006) dans l'unique revue de la littérature réalisée sur l'anatomie des racines mésio-vestibulaires des molaires maxillaires. Les études *in vitro* les plus récentes attestent cependant de la présence quasi systématique d'un MV2 (Blattner *et al.*, 2010 ; Guo *et al.*, 2014).

Les canaux ne sont pas des autoroutes vers les apex. Il existe en effet une multitude de variations morphologiques de l'anatomie canalaire (canaux latéraux, secondaires, accessoires, isthmes ...). La racine mésio-vestibulaire de la première maxillaire est une des racines présentant le plus de ces variations avec un grand nombre de connexions entre les deux canaux. Les classifications de Weine et de Vertucci sont encore largement utilisées dans la plupart des études, mais elles ne permettent pas de refléter la grande variation que présente la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire. Par ailleurs, en plus de ces variations, l'anatomie du canal peut être modifiée selon l'âge et l'ethnie du patient.

L'avènement du CBCT a permis une nouvelle approche de l'endodontie. Il s'avère être un outil fiable pour explorer l'anatomie des canaux radiculaires. Le CBCT présente par ailleurs des taux de localisation du MV2 (aux alentours des 90%) similaires à la méthode gold standard qu'est l'examen de sections histologiques. La réalisation systématique d'un CBCT pour évaluer la présence d'un MV2 pose cependant la question du rapport bénéfices / risques pour le patient. Il est à espérer que les progrès technologiques feront baisser l'irradiation de ce type d'examen, pour qu'il puisse devenir la norme en termes de radiographie préopératoire.

La localisation du MV2 est une des étapes les plus difficiles et les plus redoutées par les praticiens. Pour permettre sa localisation, les auteurs préconisent une modification de la cavité d'accès de triangle à trapèze (forme rhomboïdale) ; le canal MV2 étant situé de 1,5 à 3 millimètres du MV1, en direction mésiale et palatine par rapport à ce dernier, et étant souvent « caché » en profondeur dans le plancher pulpaire. L'utilisation d'instruments endodontique spécifiques couplés à des aides optiques (notamment le microscope opératoire) permet une nette amélioration de la localisation du canal MV2 tout en permettant une approche beaucoup plus conservatrice. La technique à privilégier consiste à "peler" avec précaution la dentine située en mésial de la ligne rejoignant le MV1 au canal palatin. Sous microscope opératoire, il est conseillé d'utiliser un insert ultrasonore diamanté avec adresse et délicatesse afin de limiter le risque de perforations lors de l'élimination du surplomb dentinaire.

Pour de nombreux auteurs spécialisés, la plus grande difficulté des MV2 réside dans leurs négociations. En effet ce canal est le plus fin de la molaire maxillaire et présente une forme soit arrondie soit oblong. De plus, le MV2 est le plus courbe des canaux de la première molaire maxillaire, avec une courbure marquée dans le plan mésio-vestibulaire (créant une portion coronaire plus difficile à négocier) et une portion apicale présentant la courbure la plus prononcée des portions canalaires.

Une fois localisé, le MV2 ne peut cependant pas toujours être mis en forme : il se révèle impénétrable dans 8,5% à 49,1% des cas, soit du fait des réactions dentinaires qu'il a subi et qui ont pu entraîner une extinction de sa lumière canalaire, soit de par sa configuration anatomique le rendant indomptable, ou encore du fait des manipulations iatrogènes passées (perforations, bouchons, butées). Pour la mise en forme du MV2, il est préférable d'utiliser un instrument de conicité constante de 2 % et de diamètre apical 25/100^{ème} de mm, pour permettre une mise en forme sécurisée. L'obturation idéale se fait à chaud.

La première molaire est la dent la plus touchée par les LIPOE. La complexité du traitement des molaires maxillaires ainsi que la position postérieure de cette dent peuvent expliquer une partie de ces résultats. L'absence de traitement du MV2 est cependant souvent la cause d'un échec endodontique initial et donc un facteur de reprise de traitement endodontique. Dans les cas où le RTE est réalisé suite une absence de traitement initial du MV2, le taux de succès est meilleur que si le RTE est réalisé pour d'autres causes. L'apport de la chirurgie permet également d'augmenter le pronostic et de combler les lacunes de traitement de certains MV2.

L'endodontie évolue avec son époque, à une vitesse époustouflante. Le chirurgien-dentiste doit vivre avec son temps, se montrer à l'écoute du progrès. La découverte du MV2 il y a un siècle, l'essor des aides optiques et radiographiques aujourd'hui ou la régénération tissulaire demain, sont autant de clés de voûte qui ont porté, portent et porteront le chirurgien-dentiste vers la réussite endodontique et surtout vers la bonne santé de ses patients.

1. Carabelli (1842), Anatomie des Mundes
2. Mulhreiter (1870) Anatomie den menschlichen Gebisses
3. Black (1890) Descriptive anatomy of the human teeth (first edition)
4. Gysi (1892) Preparat und microphotographie
5. Preiswerck (1901) konservierenden Zahnheilkunde
6. Hess (1925) the anatomy of root canals of the teeth of permanent dentition. london: john bale, sons & danielsson ltd.,
7. Okumura t:(1925) Anatomy of the root canals, tram seventh int dent congress 1 : 170, 1926.
8. Davis (1923) Operating Dentistry
9. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. (1969) Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. Oral Surg Oral Med Oral Pathol
10. Machtou P. Guide clinique d'endodontie. Paris : Editions CdP, 1993.
11. Vertucci FJ. (1984) Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol; 58:589 –99.
12. Alavi AM, Opananon A, Gulabivala, Ng YL. & K. Root and canal morphology of Thai maxillary molars. Int Endod J. 2002; 35 (5): 478-85.
13. Sert S, Sahinkesen G, Topcu FT, Eroglu SE, Oktay EA. Root canal configurations of third molar teeth. A comparison with first and second molars in the Turkish population. Aust Endod J. 2011 ; 37 (3) : 109-117.
14. Cleghorn BM, Christie WH, Dong CC (2006) Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar : a literature review. J Endod
15. De Deus QD. Frequency, location and direction of the lateral, secondary and accessory canals. J Endod. 1975; 1 (11): 361-6.
16. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endod Topics. 2005; 10(1): 3-29.
17. Spagnuolo G, Ametrano G, D'Anto V, Formisano A, Simene M, Riccitiello F, Amato M, Rengo S. Microcomputed tomography analysis of mesiobuccal orifices and major apical foramen in first maxillary molars. Open Dent J. 2012 ; 6 : 118-125.
18. Somma F, Leoni D, Plotino G. Root canal morphology of the mesiobuccal root of maxillary first molars: a micro-computed tomographic analysis. Int Endod J. 2009; 42 (2): 165-174.
19. Verma P, Love RM. A micro-CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. Int Endod J. 2011 ; 44 (3) : 210-217.

20. Marroquin BB, El-Sayed MAA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the physiological foramen: I -maxillary and mandibular molars. *J Endod.* 2004; 30 (5): 321-8.
21. Pécora JD, Woelfel JB, Sousa Neto MD, Issa EP (1992) Morphologic study of the maxillary molars. Part II: Internal anatomy. *Brad Den J*
22. Barrett MT. The internal anatomy of the teeth with with special reference to the pulp with its branches. *Dent Cosmos.* 1925; 67: 581-92.
23. Neaverth EJ, Kotler LM, Kaltenbach RF. Clinical investigation (in vivo) of endodontically treated maxillary first molars. *J Endod.* 1987; 13 (10); 506-12
24. Thomas RP, Moule AJ, Bryant R. Root canal morphology of maxillary permanent first molar teeth at various ages. *Int Endod J.* 1993; 26 (5): 257-67
25. Tratman EK. A comparison of teeth of people; Indo-European racial stock with the Mongoloid racial stock *Dent Rec.* 1950; 70 (3): 31-63-68.
26. Nattress B R, Martin DM. - Predictability of radiographic diagnosis of variations in root canal anatomy in mandibular incisor and premolar teeth. *Int Endod J.* 1991;24(2):58-62.
27. Martinez-Lozano MA, Fornernavarro L, Sanchez-Cortez JL. -Analysis of radiologic factors in determining premolar root canal systems. *Oral Surg Oral*
28. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int EndodJ* 2009; 42:447-462
29. Durack C, Patel S. Cone Beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J.* 2012;23: 179-191.
30. Haute Autorité de Santé (HAS). Tomographie volumique à faisceau conique de la face (Cone Beam Computerized Tomography). Rapport d'évaluation technologique. 2009 ; <http://www.has-sante.fr>.
31. Bellaiche N. Cone beam pratique. Cone beam et endodontie. *Lettre de Stomatologie N°61*, mars 2014, pp 35-44
32. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2009 Jun;42(6):463-75.
33. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004; 19:228-231.
34. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009; 2009:634567
35. Deepak BS, Subash TS, Narmatha VJ, Anamika T, Snehil TK, Nandini DB. Imaging techniques in endodontics: An overview. *J Clin Imaging Sci* 2012; 2:13

36. European Society of Endodontology, Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, Lemberg K. European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *Int Endod J.* 2014 Jun;47(6):502-4
37. Tyndall DA1, Kohltfarber H Application of cone beam volumetric tomography in endodontics *Tex Dent J.* 2012 Nov;129(11):1195-208.
38. Fayad MI, Nair M, Levin MD, Benavides E, Rubinstein RA, Barghan S, Hirschberg CS, Ruprecht A., AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015 Oct;120(4):508-12. doi: 10.1016/j.oooo.2015.07.033. Epub 2015 Aug 3
39. Michetti J1, Maret D, Mallet JP, Diemer F. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod.* 2010 Jul;36(7):1187-90.
40. Cotton TP1, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod.* 2007 Sep;33(9):1121-32. Epub 2007 Jul 19.
41. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulilid JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod* 2008; 34:87-89
42. Guo J, Vahidnia A, Sedghizadeh P, Enciso R. Evaluation of root and canal morphology of maxillary permanent first molars in a North American population by cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2014 ; 40 (5) : 635-9.
43. Blattner TC1, George N, Lee CC, Kumar V, Yelton CD Efficacy of cone-beam computed tomography as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. *J Endod.* 2010 May;36(5):867-70.
44. Reis AG1, Grazziotin-Soares R, Barletta FB, Fontanella VR, Mahl CR Second canal in mesiobuccal root of maxillary molars is correlated with root third and patient age: a cone-beam computed tomographic study. *J Endod.* 2013 May;39(5):588-92.
45. Vizzotto MB1, Silveira PF, Arús NA, Montagner F, Gomes BP, da Silveira HE CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. *Int Endod J.* 2013 Sep;46(9)
46. Huuonen S1, Kvist T, Gröndahl K, Molander A diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary molars *Int Endod J.* 2006 Oct ;39(10) :827-33.
47. Krasner P, Rankow HJ (2004) - Anatomy of the pulp-chamber floor. *J Endod.* 2004 ;30(1):5-16.
48. L. R. Wilcox, R. E. Walton, W. B. Case, Molar Access: Shape and Outline According to Orifice Locations *J Endod.* VOL. 15, No. 7, JULY 1989
49. Beer R, Bauman MA. *Endodontology.* Stuttgart: Thieme; 2010. 407 p.
50. Kulild JC, Peters DD. (1990) Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod*

51. Weller RN, Hartwell GR. (1989) The Impact of Improved Access and Searching Techniques on Detection of the Mesiolingual Canal in Maxillary Molars J Endod
52. Bronnec F. (2006) Localisation des orifices canaux. Réalités Cliniques 2006 ; vol. 17 (4) : 357-370
53. Mallet J-P, Deveaux É. Chapitre 21 Aides visuelles en endodontie tiré du livre : Endodontie S. Simon, P. Machtou, W-J. Pertot (2012)
54. Rampado ME, Tjaderhame L, Friedman S. Hamstra S. The benefit of the operative microscope for access cavity preparation by undergraduate students. J. Endod 2004; 30: 863-867.
55. De Carvalho MC, Zuolo ML. Orifice Locating with a Microscope J. Endod 2000 VOL. 26, NO. 9
56. Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 93:190-4.
57. Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. A 5 yr clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars. J Endod. 2005 Apr;31(4):262-4.
58. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations. J Endod 1999; 25:446-50.
59. Gorduysus MO, Gorduysus M, Friedman S. Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars. J Endod 2001; 27:683-6.
60. Schwartze T, Baethge C, Stecher T, Geurtsen W. Identification of second canals in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars using magnifying loupes or an operating microscope. Australian Endod 2002; 28: 57-60.
61. Del Fabbro M, Tasschieri S, Lodi G, Banfi G, Weinstein RL. Magnification devices for endodontics therapy. Cochrane Database Syst Rev 2009; 3 : CD005969..
62. http://dentsplymea.com/sites/default/files/Start-X_brochure.FR_.pdf
63. http://mectron.fr/fileadmin/user_upload/dental/french/pdf/product_brochures/fr_bro_inserts_ultrasons.pdf
64. Park JW, Lee JK, Ha BH, Choi JH, Perinpanayagam H. Three-dimensional analysis of maxillary first molar mesiobuccal root canal configuration and curvature using micro-computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009 ; 108 (3) : 437-442.
65. Peters OA, Laib A, Rueggegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. J Dent Res. 2000; 79 (6): 1405-9.
66. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink P. Prevalence and extent of ong canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000; 89 (6): 739-743.

67. Paqué F, Zehnder M, Marending M. Apical fit of K-files in maxillary molars assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2010; 43 (4) : 328-335.
68. Lautrou A. Anatomie dentaire. 2^e éd. Paris : Masson ; 1998. 264 p.
69. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997; 23 (2): 77-85.
70. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32 (2): 271-5.
71. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002; 28 (3): 211-6.
72. Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesio Buccal root of the maxillary first molar. *J Endod.* 1995; 21 (7): 380-3.
73. Tam A, Yu DC. Location of canal isthmus and accessory canals in the mesio Buccal root of maxillary first permanent molars. *J Can Dent Assoc* 2002; 68 (1): 28-33.
74. Lane AJ. The course and incidence of multiple canals in the mesio Buccal root of the maxillary first molar. *J Br Endod Soc* 1974; 7: 9-11.
75. Bronnec F. Evaluation pré-opératoire de la difficulté en endodontie. *Inf Dent.* 2009; 91 (5): 1953-8.
76. Académie Canadienne d'Endodontie. Les standards pour la pratique de l'endodontie [en ligne]. 1998 [2006. Disponible sur : www.caendo.ca/about_cae/standards/standards_french.pdf
77. American Association of Endodontics. Endodontic Case Difficulty Assessment Form [en ligne]. 1999 Disponible sur: <http://www.aae.org/caseassessment/>
78. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006; 39(12):921-30.
79. Vande Voorde HE, Bjorndahl AM. Estimated endodontic "working length" with paralleling radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969; 27:106-110
80. Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J.* 2010; 43 (1): 16-20.
81. Martins J, Marques D, Mata, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review, *J Endod.* 2014 Jun ;40(6) :759-77
82. Haute Autorité de Santé (HAS). Traitement endodontique : rapport d'évaluation technologique [en ligne]. 2008 [Consulté le 25/11/2014]. Disponible sur : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_736790/fr/rapport-traitement-endodontique
83. Yang GB, Zhou XD, Zhang H, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals. *Int Endod J.* 2006; 39 (10): 791-9.

84. Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. The shaping effects of three nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod* 2005; 31: 373–5.
85. Bronnec F, Caron G. Le traitement endodontique des premières molaires. *Réal clin.* 2008; 19 (4) : 339-51.
86. Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *J Endod* 2005 Apr; 31 (4): 271-4.
87. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972; 33 (1): 101-10.
88. Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J.* 2002; 35 (3): 229-38.
89. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol.* 1986; 2 (1): 20-34.
90. Slaus G, Bottenberg P. A survey of endodontic practice amongst Flemish dentists. *Int Endod J.* 2002; 35 (9): 759–767.
91. Agence Nationale pour le Développement de l'Evaluation Médicale (ANDEM).
Recommandations et références dentaires. Paris : Agence Nationale pour le Développement de l'Evaluation Médicale ; 1996. p. 59-103.
92. American Association of Endodontics (AAE). Glossary of Endodontic Terms. 7e éd. Chicago: American Association of Endodontists; 2003. 51 p.
93. Ng Y-L, Gulabivala K. Outcome of non-surgical re-treatment. *Endod Top.*2011;(18):3-30
94. von Arx La résection apicale dans la région des molaires *Rev Mens Suisse Odontostomatol, Vol* 109: 9/1999)
95. Degerness R, Bowles W. Anatomic determination of the mesiobuccal root resection level in maxillary molars. *J Endod.* 2008 Oct ;34(10):1182-6.
96. Setzer F, Kohli M, Shah S, Karabucak B, Syngcuk K. Outcome of endodontic surgery: A meta-analysis of the literature- Part 2: Comparison of endodontic microsurgical Techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod.* 2012; 38 (1): 1-10.
97. Zuolo ML, Ferreira MO, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. *Int Endod J.* 2000; 33 (2): 91-98.
98. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *J Endod.* Quill 2009 ;35(7):930-937
99. Del Fabbro M, Taschieri S, Testori T, Francetti L, Weinstein RL. Surgical versus non-surgical endodontic re-treatment for periradicular lesions. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007 Jul 18;(3):CD005511.

100. American Academy of Periodontology, Glossary of Periodontal Terms 4th Edition,
Copyright 2001 by The American Academy of Periodontology
101. Newell DH. The role of the prosthodontist in restoring root-resected molars: a study of 70
molar root resections. J Prosthet Dent. 1991; 65 (1) : 7-15.
102. Tronstad L, Asbjornsen K, Doving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal
restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. Endodontics and Dental
Traumatology 2000; 16: 218-21
103. Saffarzadeh A. La résection apicale: indications et technique opératoire Rev. Stomatol. Chir.
Maxillofac., 2000 ; 101 : 325-329