

UNIVERSITE DE NANTES
UNIVERSITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2014

N° 043

**Les différents moyens diagnostiques
de détection des lésions carieuses**

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

Présentée et soutenue publiquement par

KONATE Anaïs

Née le 2 Avril 1988

Le 20 octobre 2014 devant le jury ci –dessous :

Président

Assesseur

Assesseur

Directeur de thèse

Madame le Professeur Fabienne PEREZ

Madame le Docteur Catherine RICHARD

Monsieur le Docteur Morgan ROLOT

Madame le Docteur Bénédicte CASTELOT-ENKEL

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr. LABOUX Olivier
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr. AMOURIQ Yves
Asseseurs	Dr. RENAUDIN Stéphane Pr. SOUEIDAN Assem Pr. WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Monsieur AMOURIQ Yves Madame ALLIOT-LICHT Brigitte Monsieur GIUMELLI Bernard	Monsieur LESCLOUS Philippe Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOHNE Wolf (Professeur Emérite) Monsieur JEAN Alain (Professeur Emérite)	Monsieur BOULER Jean-Michel
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile	Madame LEROUXEL Emmanuelle
Maitres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants hospitaliers universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Monsieur DENIAUD Joël Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LAGARDE André Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Séréna Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur UNGER François Monsieur VERNER Christian	Madame BOEDEC Anne Monsieur CLÉE Thibaud Monsieur DAUZAT Antoine Madame DAZEL LABOUR Sophie Monsieur DEUMIER Laurent Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur KOUADIO Kouakou (assistant associé) Monsieur LANOISELEE Edouard Madame LEGOFFE Claire Madame MAÇON Claire Madame MALTHIERY Eve Madame MELIN Fanny Madame MERAMETDJIAN Laure Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur RESTOUX Gauthier Madame RICHARD Catherine Monsieur ROLOT Morgan

Janvier 2014

Par délibération en date du 6 décembre 1972, le conseil de la Faculté de chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION p 12

I LA CARIE p13

1.1 Étiologie

1.1.1 Les microorganismes

1.1.2 La plaque dentaire

1.1.3 Rôle de la salive

1.2 Mécanisme cariogène p15

1.2.1 Lésion carieuse de l'émail

1.2.1.1 Lésion amélaire initiale

1.2.1.2 Évolution de la tache blanche

1.2.2 Lésion carieuse de la dentine

II LES DIFFERENTS SYSTEMES DE CLASSIFICATION ET D'EVALUATON DE LA LESION CARIEUSE p18

2.1 Black p18

2.2 OMS p18

2.3 Pitts p19

2.4 Mount et Hume p19

2.5 Si/Sta (site/stade) p20

2.6 ICDAS I et II (l'International Caries Detection and Assessment Système) p20

III Outils de détection de la lésion carieuse p24

3.1 Outils conventionnels p24

3.1.1 L'examen visuel

3.1.2 Le sondage

3.1.3 La radiographie

3.2 Nouveaux outils de diagnostic p29

3.2.1 FOTI/DIFOTI : transillumination ou fiber optical trans illumination

3.2.2 ERM/ECM : résistance électrique : impédance ou conductance électrique

3.2.3 La fluorescence :

3.2.3.1 Principe d'utilisation

3.2.3.2 Laser utilisant la fluorescence

3.2.3.2.1 QLF (quantitative light induced fluorescence)

3.2.3.2.2 DELF (Dye-enhanced laser fluorescence)

3.2.3.3 DIAGNODENT® (Kavo)

IV Efficacité des différents outils p38

4.1 Qualité d'un outil diagnostique p38

4.1.1 La reproductibilité

4.1.2 La sensibilité : (Se)

4.1.3 La spécificité : (Sp)

4.2 Comparaison des méthodes

p40

4.2.1 Radiographie

4.2.2 FOTI (transillumination ou fiber optical trans illumination)

4.2.3 DIFOTI (Digital Fiber Optic Transillumination)

4.2.4 ERM (résistance électrique: impédance ou conductance électrique)

4.2.5 QLF (quantitative light induced fluorescence)

4.2.6 DELF (Dye-enhanced laser fluorescence)

4.2.7 Diagnodent

V Analyse critique de la littérature

p 45

5.1 Analyse des articles diagnostiques

p48

5.2 Analyse des revues de synthèse

p49

CONCLUSION

INTRODUCTION

Les maladies bucco-dentaires posent des problèmes de santé publique majeurs dans toutes les régions du monde en raison de leur incidence et prévalence.

Selon les études conduites par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la carie est classée comme le troisième fléau mondial. Elle est ainsi une des maladies chroniques les plus fréquentes chez l'être humain.

Au XXe siècle, la carie dentaire sévissait principalement dans les pays industrialisés, alors que l'on observait une faible prévalence dans les pays en voie de développement. À la fin du XXe siècle, la prévalence a augmenté dans certains pays en voie de développement et elle a diminué chez les enfants et les jeunes adultes dans les pays industrialisés.

Nous allons nous intéresser plus précisément aux lésions carieuses et à leur détection.

Jusqu'à un passé récent, l'examen visuel, la sonde, associé ou non à la radiographie étaient les seuls outils de détection possibles. Ils ne sont pas toujours suffisants pour réaliser un diagnostic de tous les stades de lésions carieuses, surtout en phase débutante. C'est pour cette raison que de nouveaux outils sont apparus, en particulier pour détecter les stades précoces de la maladie carieuse.

Ils permettent de reconnaître une lésion carieuse, renseigner son étendue, sa progression ainsi que son activité. Ils rentrent dans le cadre de la micro-dentisterie qui se base sur la prévention et la prophylaxie.

L'intérêt d'un diagnostic précoce (stade 0 à 1) permet d'instaurer des mesures de prophylaxie adéquates ; en effet à ce stade la réversibilité de la lésions carieuse est encore possible et ce, par des techniques de soin non invasives.

Autrefois basé sur un examen clinique opérateurs- et sites-dépendants, la détection des lésions carieuses se fait d'une manière plus précise grâce à ces outils qui ont une meilleur spécificité et sensibilité diagnostique.

I LA CARIE

1.1 Étiologie (4) (9) (35) (42)

La carie est une maladie infectieuse caractérisé par des périodes de déminéralisation/ reminéralisation dont l'étiologie est multifactorielle. Les lésions carieuses sont les conséquences d'un déséquilibre infectieux de l'écosystème buccal. Le processus carieux est généralement réversible aux stades initiaux et dans des conditions favorables (bonne hygiène bucco-dentaire et habitude alimentaire), tandis qu'il est irréversible aux stades avancés. (Charland et al.2001).

Elle se produit sous l'action simultanée de plusieurs facteurs : l'hôte, la flore microbienne, le régime alimentaire et le temps. Elle peut aussi prendre en compte un aspect socio-économique, psychologique et biologique.

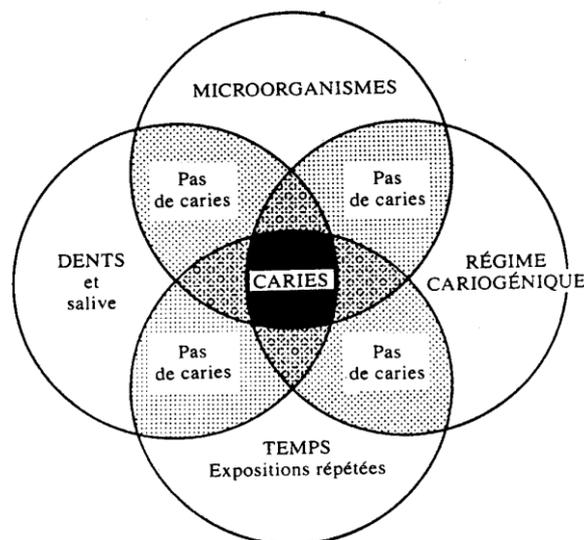


Schéma n°1 : Keyes(1962) modifié par Koning en 1987

1.1.1 Les micro-organismes (37)

La carie est due à la production locale d'acides organiques par les bactéries cariogènes de la plaque (*Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*) lorsque celles-ci sont en contact avec des sucres fermentescibles. Cette acidité est responsable d'une déminéralisation de l'émail pour un pH inférieur à 5,5 et de la dentine pour un pH inférieur à 6,5.

Parmi tous les micro-organismes que la bouche contient, (soit plus de 350 spécimens), quelques espèces bactériennes sont identifiées comme participant au processus carieux :

- *Le Streptococcus mutans* participe aux caries des faces lisses et proximales,
- *Le Streptococcus mutans* et *Lactobacillus* sont responsables des caries des sillons,
- *Les Actinomyces viscosus* et *naeslundii* sont retrouvés au niveau des caries radicaires ; ils colonisent la dentine et la racine, tout comme *Lactobacillus*.

La présence en quantité suffisante de l'une ou de plusieurs de ces bactéries est donc nécessaire à la formation de la carie.

1.1.2 La plaque dentaire(40) (47) (62)

La plaque bactérienne est composée de bactéries et d'une substance intercellulaire la matrice. La surface dentaire est recouverte d'une pellicule nommée la pellicule acquise. Il s'agit d'une couche acellulaire constituée de protéines et d'enzymes salivaires. Cette pellicule sert à lubrifier et à protéger les surfaces dentaires contre la déminéralisation. (Marsh, 1994).

Cette couche organique et homogène se forme sur les surfaces exposées dans la cavité buccale. Elle est acellulaire, jusqu'au moment où les bactéries commencent à s'y accumuler. La pellicule acquise favorise la colonisation bactérienne. Progressivement, des colonies se développent et s'organisent en élaborant la matrice intercellulaire. En absence de brossage, d'importantes colonies se forment et finissent par confluer et fusionner en quelques jours. La multiplication bactérienne entraîne une élaboration de plus en plus importante de la matrice intercellulaire. Ainsi, le volume et l'épaisseur de la plaque dentaire augmentent; ce processus la phase de maturation.

Trois hypothèses ont été avancées pour expliquer le rôle de la plaque dentaire dans le processus carieux :

- **l'hypothèse de la plaque non spécifique :**

La carie a été considérée comme une maladie théoriquement contrôlable par une bonne hygiène dentaire : il suffit d'éliminer la plaque. Elle supposait que tous les micro-organismes de la plaque ont une cariogénicité équivalente et que tous doivent être éliminés. La plaque héberge les bactéries cariogènes et les bactéries associées aux parodontopathies, mais elle est aussi le principal réservoir de fluorures et d'autres minéraux nécessaires à la reminéralisation.

-**L'hypothèse de la plaque spécifique** ne reconnaît que quelques espèces bactériennes cariogènes.

- **l'hypothèse de la plaque écologique :**

Cette hypothèse soutient que les micro-organismes associés à la carie peuvent aussi être présents au niveau des sites sains, mais à une concentration trop faible pour être actifs. La carie dentaire ne se manifeste que lors d'un déséquilibre de la microflore buccale.

1.1.3 Rôle de la salive (37)

La salive se compose d'eau à 95 %, de matières organiques à 3 % et de matières inorganiques à 2 %. Les mucines permettent la formation de la pellicule acquise et l'adhésivité de la plaque.

Dans la cavité buccale, la salive remplit diverses fonctions contribuant au maintien de la santé des dents et des tissus mous. Elle a une action de :

- Lubrification : elle lubrifie les muqueuses, les gencives et les dents par un film protecteur.
- Nettoyage : elle participe au mécanisme d'auto-nettoyage en facilitant l'élimination des sucres.
- Dégustation : elle permet de bien goûter les aliments.
- Digestion : elle facilite le broyage des aliments et la mastication. Elle assure la formation du bol alimentaire et la déglutition.
- Protection contre les affections : elle possède un pouvoir antibactérien et antifongique.
- Pouvoir Tampon : c'est la capacité pour une solution à se maintenir à un pH constant. Le pH buccal varie entre 6,2 et 7,4.
- Reminéralisation : elle protège contre la déminéralisation de l'émail (le fluor se lie à la salive).
- Prononciation : elle facilite le fonctionnement des organes de la prononciation.

1.2 Mécanisme cariogène (9) (37) (48) (58)

La variation du pH salivaire associé aux autres facteurs étiologiques (âge, prise de médicaments, consommation de sucre, de tabac et d'alcool élevée, mauvaise hygiène buccale) peut influencer la formation de caries dentaires. En dessous du pH 5,5 qui est le pH critique, l'émail se dissout. Si le pH ne remonte pas, l'émail subit des lésions irréversibles. C'est le cas lors d'une ingestion fréquente et importante de sucres. Dans ce cas, les bactéries utilisent le sucre pour former l'acide lactique, ce qui provoque à chaque ingestion une chute de pH. Comme la salive ne peut pas rétablir le pH quand la fréquence d'ingestion est élevée, l'émail se dissout et l'on aboutit progressivement à une carie dentaire.

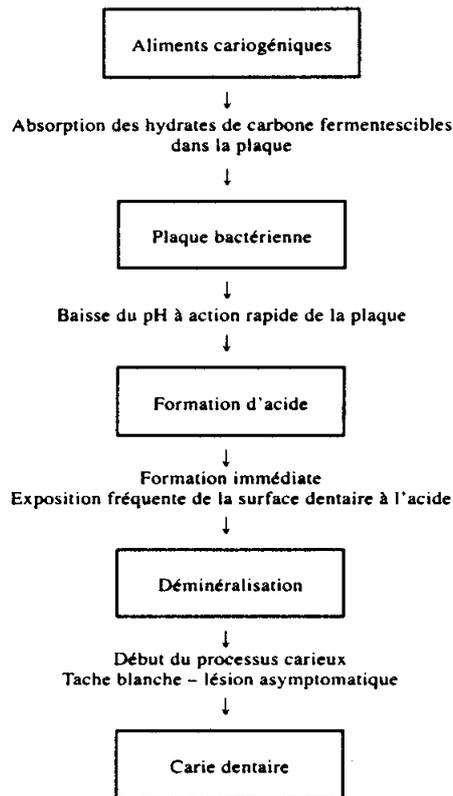


Schéma n°2: mécanisme cariogène. Charland (2001)

1.2.1 Lésion carieuse de l'émail

1.2.1.1 Lésion amélaire initiale : (21) (37)

L'émail est un tissu avasculaire, acellulaire et non innervé. Son atteinte ne s'accompagne d'aucune manifestation inflammatoire ni douloureuse. Lors des phases d'accumulation de plaque dentaire sur les surfaces amélaire, des plages de déminéralisation se développent. (Fejerskov et Kidd, 2003).

La surface de l'émail devient alors microporeuse. Visuellement, la lésion se traduit par une tache opaque visible après séchage, contrastant avec l'émail sain et brillant avoisinant. Cette tache opaque est appelée lésion blanche ou « white spot »

En microscopie, il se forme en surface de l'émail des microlésions, provoquant un élargissement de la gaine du prisme d'émail caractéristique de la lésion initiale. La couche superficielle de l'émail ne cède pas et la lésion n'est pas cavitaire. Il n'y a pas d'envahissement bactérien. La dissolution se limite aux espaces inter-cristallins. La déminéralisation se poursuit le long des prismes d'émail en direction de la jonction amélo-dentinaire. (Lasfargues et Colon, 2009)

1.2.1.2 Évolution de la tache blanche: (33)

-La reminéralisation :

Cette carie est la seule carie réversible, à condition d'améliorer l'hygiène et si possible, d'effectuer une fluoruration. La reminéralisation, permet d'augmenter la densité minérale de l'émail, mais ne permet pas la réorganisation initiale des prismes d'émail. On parlera alors de consolidation des lésions. La reminéralisation est possible si une mince couche d'émail demeure intacte. Cependant si cette mince couche est désorganisée, le processus de reminéralisation pourra être perturbé et il ne pourra y avoir reminéralisation complète.

-Tache brune (lésion carieuse stabilisée) :

Évolution spontanée de la tache blanche, avec un phénomène d'incorporation de protéines d'origine alimentaire au niveau des micro-espaces et pores de l'émail déminéralisé de la couche superficielle. Cela donne lieu à la formation d'une matrice organique qui joue un rôle protecteur contre les agents acides de déminéralisation et permet d'éviter le stade de cavitation, à condition que les éléments cariogènes aient été éliminés.

-Cavitation dentaire :

Évolution de la tache blanche par extension du corps de la lésion vers la jonction amélo-dentinaire, puis atteinte du tissu dentinaire.

1.2.2 Lésion carieuse de la dentine (56)

Il existe trois types de lésions :

-La lésion active : Souvent chez les sujets jeunes, elle est caractérisée par une dentine jaune pâle et une texture molle et spongieuse.

-lésion chronique : elle apparaît de préférence chez l'adulte. C'est une lésion caractérisée par une dentine durcie et brunâtre.

-lésion arrêtée : c'est une lésion qui a stoppé son évolution, présentant une texture lisse, une surface dure et une couleur sombre.

II LES DIFFERENTS SYSTEMES DE CLASSIFICATION ET D'ÉVALUATION DE LA LESION CARIEUSE

2.1 Black : (3) (5) (8) (38)

Black propose une classification au début du 20^{ème} siècle basée sur la situation de la carie sur la dent :

- **Caries de classe I** : caries des sillons et des puits.
- **Caries de classe II** : caries proximales des prémolaires et molaires.
- **Caries de classe III** : caries proximales des incisives et canines sans atteinte des bords incisifs.
- **Caries de classe IV** : carie proximale des incisives et canines avec atteinte des bords incisifs.
- **Caries de classe V** : carie des collets dentaires.
- **Caries de classe VI** : carie des bords incisifs et pointes cuspidiennes.

Dans cette classification, la taille de la lésion n'est pas prise en compte. Le système de Black a été mis en place pour l'utilisation de l'amalgame, et donc impose une forme de préparation qui implique des sacrifices tissulaires.

Actuellement, les concepts cariologiques ont évolués pour une dentisterie moins invasive, basée sur des soins préventifs et, lorsqu'une restauration est indiquée, des préparations cavitaires dites *a minima* sont réalisées.

Cependant, cette classification reste encore utilisée par de nombreux praticiens, car commode et simple d'utilisation.

2.2 OMS: (8) (31) (38)

La classification se base sur le type de tissus atteint: carie de l'émail, de la dentine, du cément, ainsi que les autres caries (sans précision). Elle prend en compte également le fait que la carie soit stabilisée ou non.

A cette classification, l'OMS ajoute une notation par degré «D» codifiant la gravité de la lésion.

- D1 : lésion de l'émail cliniquement détectable avec une surface intacte non cavitaire.

- D2 : lésion de l'émail cliniquement détectable avec une cavité limitée à l'émail.
- D3 : lésion de la dentine cliniquement détectable avec ou sans cavitation dans la dentine.
- D4 : lésion ayant atteint la pulpe.

2.3 Pitts (1997): (8) (38) (54)

Il attire l'attention sur la nécessité de détecter précocement les lésions carieuses et propose la métaphore de l'iceberg, avec sa partie visible concernant les lésions évoluées aisément diagnostiquables et relevant des soins restaurateurs et sa partie immergée concernant toutes les lésions initiales qui souvent sont non diagnostiquées.

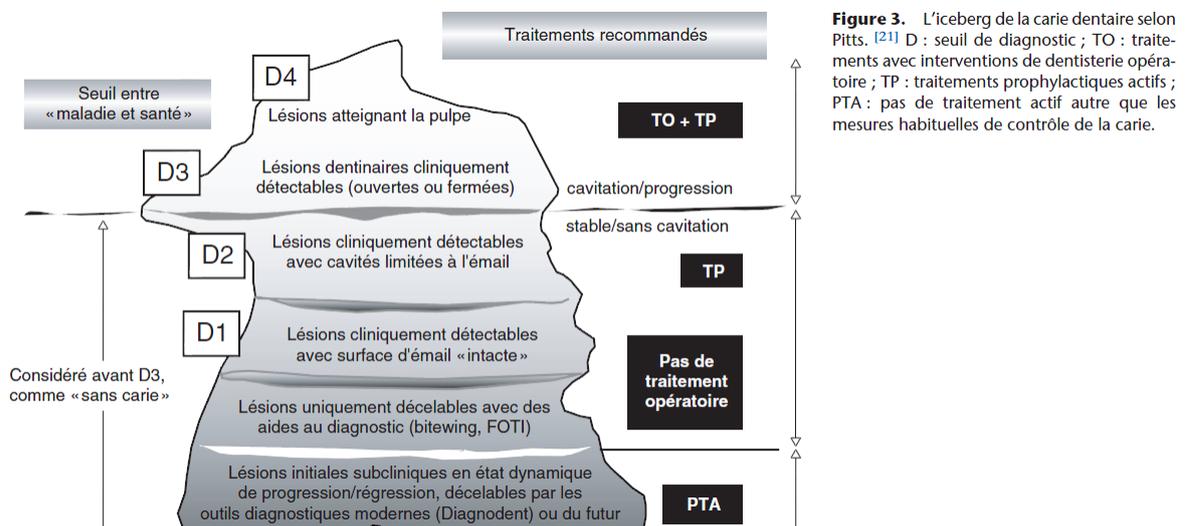


Schéma n°3: iceberg de Pitts (1997)

2.4 Mount et Hume (1997) : (8) (38)

Classification basée sur une dentisterie moins invasive qui distingue 3 sites et 4 tailles.

- 3 sites pour la localisation de la lésion carieuse :
 - Site 1 : les puits, sillons et fossettes.
 - Site 2 : zones de contact inter proximale.
 - Site 3 : tiers cervical de la couronne ou de la racine.

- 4 tailles de la lésion carieuse :

- Minimale 1 : lésions atteignant la dentine pour lesquelles le traitement par seul reminéralisation est insuffisant.

- Modérée 2 : lésions modérées de la dentine. La dent est assez résistante pour supporter une restauration entourée d'émail sain et soutenue par la dentine.

- Large 3 : lésions cavitaires franches fragilisant les cuspidés et les bords incisifs et nécessitant l'élimination de ces structures fragilisées pour placer une restauration soutenant et renforçant les structures résiduelles.

- Étendue 4 : lésions cavitaires étendues au point de détruire la majeure partie des structures dentinaires.

Taille Site	Minimale 1	Modérée 2	Large 3	Étendue 4
Puit/sillon 1	1.1	1.2	1.3	1.4
Zone de contact 2	2.1	2.2	2.3	2.4
Cervical 3	3.1	3.2	3.3	3.4

Tableau n° 1 : classification des lésions carieuses de Mount et Hume (1997)

Le principal défaut de cette classification était d'exclure les lésions pour lesquelles le traitement non invasif pouvait être entrepris. Autres défauts pour le site 3, les lésions d'origine non carieuse (abrasion, érosion) sont confondues avec les lésions d'origine carieuse. D'autre part, cette classification ne tient compte que des lésions carieuses avancées nécessitant une intervention chirurgicale, ce qui a amené Lasfargues en 2000 a proposé le concept SiSta qui permet de mettre en œuvre des méthodes de prophylaxie.

2.5 Si/Sta (site/stade) : (3) (8) (38)

Il s'agit d'une synthèse faite par des auteurs (Lafargues et al. 2008) pour créer un nouveau système de classification par site de cario-susceptibilité et stade de progression. C'est une classification générale fondée sur des critères diagnostiques cliniques et radiographiques en relation avec le stade histologique de développement des lésions. Elle permet de sélectionner une option thérapeutique de dentisterie conservatrice et restauratrice. Ce concept inclut un

stade 0 correspondant à une lésion initiale pouvant être traitée par des méthodes non invasives.

Il existe 3 sites communs aux dents antérieures et postérieures :

- site 1 ou occlusal : lésions carieuses initiées au niveau des puits et sillons, fosses, cingulum des faces occlusales.

- site 2 ou proximal : lésions carieuses initiées au niveau des aires de contact proximales entre dents adjacentes.

- site 3 ou cervical : lésions carieuses initiées au niveau des aires cervicales, sur tout le périmètre coronaire et/ou radiculaire

Et 5 stades d'évolution :

- stade 0 ou réversible : lésion active, superficielle, sans cavitation ne nécessitant pas une intervention chirurgicale mais un traitement préventif non invasif.

- stade 1 : lésion active débutante, avec des altérations de surface, ayant franchi la jonction amélo-dentinaire mais ne dépassant pas le tiers dentinaire externe, nécessitant une intervention restauratrice *a minima* en complément du traitement préventif.

- stade 2 : lésion active d'étendue modérée, cavitaire ayant progressée dans le tiers dentinaire médian sans toutefois fragiliser les structures cuspidiennes, et nécessitant une intervention restauratrice *a minima* de comblement de la perte de substance.

- Stade 3 : lésion cavitaire étendue ayant progressée dans le tiers dentinaire interne au point de fragiliser les structures cuspidiennes, et nécessitant une intervention restauratrice de comblement et de renforcement des structures résiduelles.

- Stade 4 : lésion cavitaire extensive et parapulpaire ayant progressée au point de détruire une partie des structures cuspidiennes, et nécessitant une intervention restauratrice de recouvrement coronaire partiel ou total.

2.6 ICDAS I et II (l'International Caries Detection and Assessment System) : (32)

Les auteurs (Ismail A.I et al.2007) savaient que le système ICDAS continuerait à évoluer au fur et à mesure du développement et de la validation des nouveaux concepts et outils. L'ICDAS II est donc une base dans laquelle les nouveaux outils d'évaluation des lésions carieuses pourront être intégrés afin d'aider à la prise de décisions plus précises en pratique clinique comme en recherche clinique et épidémiologique.

ICDAS est un système basé sur des critères visuels. Après nettoyage prophylactique, les dents sont observées, face par face et non séchées, avec le film salivaire. Si aucun signe de lésion n'a été détecté sur face humide, un séchage au spray d'air pendant cinq secondes est effectué pour permettre la détection éventuelle des premiers signes de déminéralisation amélaire. Les critères visuels utilisés dans l'ICDAS ont été validés comme étant en relation étroite avec la profondeur histologique des lésions.

Les codes ICDAS de détection des lésions carieuses coronaires vont de 0 à 6, selon la sévérité de la lésion. Il existe de minimes variations entre les signes visuels associés à chaque code. Celles-ci dépendent de nombreux facteurs incluant :

- les caractéristiques de la face considérée (puits et fissures versus faces lisses libres).
- la présence ou non d'une dent adjacente (faces mésiales et distales).
- le fait que la lésion carieuse soit associée ou non à une restauration ou à un scellement.

Les codes sont toujours basés sur le même concept:

- 0 : Face saine.
- 1 : Premiers changements visuels de l'émail confinés au réseau de puits et fissures ou uniquement visibles après séchage prolongé de cinq secondes.
- 2 : Changements visuels nets de l'émail sans séchage.
- 3 : Rupture localisée de l'émail sans signe visuel d'atteinte dentinaire.
- 4 : Zone sombre dans la dentine sous-jacente visible à travers l'émail.
- 5 : Cavité franche avec dentine exposée.
- 6 : Cavité extensive avec dentine exposée.

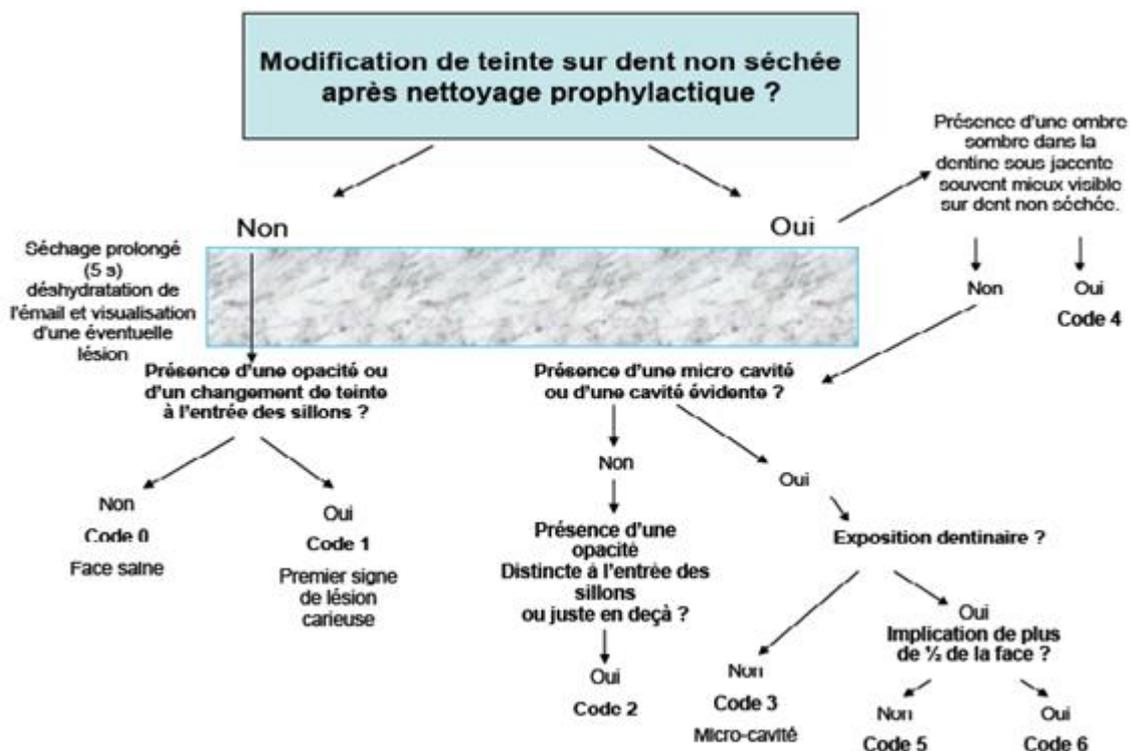


Schéma n°4 : arbre décisionnel pour le codage des lésions carieuses coronaires primaires (Ismail A.I et al.2007).

Méthode du double codage de l'ICDAS :

Un système de double codage est suggéré. Un premier code identifie les restaurations ou scellements. Il est suivi d'un second codage identifiant l'état carieux approprié (code de 1 à 6 ci-dessus).

Le système de codage des restaurations/scellements est le suivant :

- 0** = face saine : face sans restauration, ni scellement
- 1** = scellement, partiel
- 2** = scellement, entier
- 3** = restauration réalisée avec des matériaux esthétiques
- 4** = restauration à l'amalgame
- 5** = couronne métallique (métal non précieux)
- 6** = couronne céramique, céramo-métallique, en or ou facette ou inlay ou onlay ou autres matériaux de restauration
- 7** = perte ou fracture de la restauration
- 8** = restauration temporaire
- 9** = autres cas :
 - 90 = implant placé pour raison non-carieuse
 - 91 = implant placé pour raison carieuse
 - 92 = bridge placé pour raison non-carieuse
 - 93 = bridge placé pour raison carieuse
 - 96 = face ne pouvant être examinée : face exclue
 - 97 = dent absente pour raison carieuse (chaque face sera codée 97)
 - 98 = dent absente pour raison non-carieuse (chaque face sera codée 98)
 - 99 = dent non évoluée (chaque face sera codée 99)

La société « GC-MI-Advisory Board » propose un système dérivé de l'ICDAS, simplifié pour une application plus aisée en pratique quotidienne.

- Le stade « 0 » caractérise une face saine ne requérant aucun traitement particulier, si ce n'est un suivi associé à des soins préventifs dans le cas de risque carieux individuel élevé.

- Le stade « 1 » correspond à une opacité, une trace de déminéralisation non visible sous le film salivaire mais objectivable après séchage prolongé de cinq secondes; ce stade signe la présence d'une déminéralisation limitée à la moitié externe de l'émail. Dans ce cas, une thérapie visant à la reminéralisation doit être mise en place: application topique de fluorures ou de CPP-ACP.

- Le stade « 2 » est utilisé lorsqu'une opacité est visible sans séchage de la face observée et en l'absence de cavité. Ce stade correspond à une atteinte carieuse qui évolue dans la moitié interne de l'émail, voire dans le tiers externe de la dentine. Lorsque les facteurs de risque sont sous contrôle et que le patient accepte de s'astreindre à un suivi régulier, de telles lésions peuvent faire l'objet de scellements thérapeutiques sans curetage, ni préparation cavitaire préalable (même protocole opératoire que pour les scellements préventifs) et / ou d'une thérapie de reminéralisation.

- Les stades « 3 » et « 4 » illustrent des stades plus avancés atteignant les tiers moyen et interne de la dentine. Ils sont utilisés en cas d'une coloration dentinaire grisâtre / brunâtre visible au travers de l'émail non encore effondré ou d'une exposition franche de la dentine.

Les lésions ainsi caractérisées requièrent la réalisation d'une restauration directe ou indirecte, après curetage de la dentine infectée.

Il n'est pas applicable dans le cas de lésions proximales précoces, dans la mesure où l'examen visuel direct est impossible. L'examen visuel seul ne peut donc permettre l'objectivation de la présence de toutes les lésions carieuses.

Une classification idéale doit partir des lésions carieuses caractérisées par leur topographie sur la couronne dentaire et leur stade de progression, et non des préparations cavitaires qui découlent de la perte de substance. Cette classification doit être indépendante des formes de préparation et des matériaux utilisés et compatible avec tous les traitements possibles, procédure de reminéralisation, préparations obturations conservatrices *a minima*, restaurations plus conventionnelles.

III OUTILS DE DETECTION DE LA LESION CARIEUSE

Le diagnostic précoce des lésions initiales de l'émail est très important pour pouvoir instaurer la thérapeutique adaptée permettant de reminéraliser ces lésions. Les praticiens dans leurs pratique quotidienne doivent se doter des moyens leur permettant de diagnostiquer à temps ces lésions.

3.1 Outils conventionnels (3) (8) (14) (15) (63)

3.1.1 Examen visuel et aides optiques (37) (43) (52)

Il nécessite au préalable le nettoyage et le séchage soigneux des surfaces dentaires.
Le nettoyage peut s'effectuer :

- avec une brosse montée sur contre-angle et une pâte prophylactique.
- avec un aéropolisseur.

Pour rendre le diagnostic visuel plus performant, le praticien peut s'équiper d'aide optique :

- Aide optique directe :

Il existe un choix important d'aides optiques, allant de la loupe binoculaire avec un grossissement de x2,5 à x8 au microscope opératoire avec un grossissement jusqu'à 60. L'utilisation d'une loupe nécessite un éclairage optimisé. Les loupes peuvent être équipées de systèmes d'éclairage frontaux de type lumière blanche ou de type LED. L'idéal est d'associer une lampe avec le système de loupe ; l'inconvénient est que ce système est lourd pour le praticien.

- Aides optiques indirectes avec images numérisées :

On trouve toutes les cameras intra-orales conventionnelles. Elles peuvent servir d'aide au diagnostic par leur optimisation de l'éclairage et leur agrandissement de l'image. Elles possèdent aussi une vocation pédagogique pour les patients. Les cameras intra orales peuvent être utilisées en transillumination.

Le but de l'examen visuel est de détecter des modifications de teinte, de translucidité, de structure de l'émail, de la dentine ou de ciment.

Ces modifications renseignent sur l'état de déminéralisation des surfaces par comparaison avec les zones adjacentes saines.

On recherche aussi des ruptures localisées dans l'émail qui témoignent du développement de la cavitation; des ombres dentinaires assombrissant la surface amélaire, évocatrices d'une déminéralisation en profondeur et des cavités exposant la dentine de façon plus ou moins extensive qui signent l'invasion bactérienne de la dentine.

La détection des lésions carieuses initiales par l'examen visuel est aisée pour les surfaces lisses. En revanche, l'examen visuel reste peu informatif dans le cas de lésions proximales et difficile à interpréter pour les lésions des sillons.

Le critère couramment retenu pour ce site est la coloration noire des sillons, bien qu'il ne soit pas fiable. Selon Lussi (1993), l'utilisation de ce paramètre de coloration pour le diagnostic d'une carie occlusale atteignant la dentine entraîne 55% de faux positifs, ce qui témoigne du risque très élevé de sur-traitement.

L'inspection clinique présente les avantages suivants : la facilité, la rapidité, le peu de moyen de mis en œuvre, ainsi que la possibilité de suivi des lésions dans le temps.

Cependant, des problèmes persistent (Pitts, 1991) :

- la difficulté d'avoir un bon éclairage au niveau des zones postérieures.
- la difficulté d'accès pour certains sites surtout au niveau proximal ou l'examen direct de cette face s'avère difficile. Le diagnostic carieux complet ne peut se faire sans radiographies.
- la diffusion des ions métalliques qui colorent la dentine à cause des amalgames. Cette coloration perturbe l'examen visuel dans la perception des ombres.

3.1.2 Sondage(37) (52) (53)

Il est effectué avec un miroir et une sonde. Pour la détection des lésions initiales, l'examen tactile repose sur la résistance ressentie par l'opérateur pour enlever une sonde introduite en force dans une anfractuosité.

L'utilisation de la sonde est aujourd'hui fortement remise en cause ; la technique est peu fiable.

Le sondage est une méthode subjective qui dépend de la dimension de la pointe de la sonde, de la force exercée par l'opérateur, de la résistance de l'émail et de l'anatomie du puits ou sillons dans lesquels elle est introduite.

Par ailleurs, si la sonde peut être dans l'impossibilité de détecter certaines lésions carieuses au niveau des sillons carieux, elle peut aggraver une lésion initiale à cause de la pression exercée sur la sonde en provoquant un effondrement de la couche de surface soutenue par l'émail poreux. Or cette couche présente un grand potentiel de reminéralisation ; ce qui crée, de manière iatrogène, une brèche amélaire et une cavitation. La sonde peut aussi favoriser le transport bactérien d'un site à l'autre et permettre la contamination des sites sains.

Il est recommandé d'utiliser un instrument à pointe mousse, qui glissé sans pression sur la face observée, permet de déterminer la présence éventuelle d'une discontinuité.

3.1.3 Radiographie (6) (11) (12) (16) (24) (25) (26) (39) (52) (64)

Les études montrent que la radiographie révèle en moyenne 2 fois plus de lésions proximales atteignant la dentine que le simple examen visuel. La validité du diagnostic radiologique diminue avec la taille des lésions.

Cette technique est hautement dépendante de la qualité de l'image, c'est à dire de la performance du générateur.

Le générateur de rayons X doit idéalement permettre de faire varier le kilo-voltage (60-70 kV) pour obtenir des clichés présentant un contraste suffisant. (Daudibertières et al.1993)

Afin de diminuer les déformations et les superpositions des structures dentaires, la technique idéale est la technique des plans parallèles qui permet de positionner le tube émetteur dans une position orthogonale reproductible par rapport à la dent et au film.

Celle-ci possède trois caractéristiques:

- une distance foyer-film d'au moins 40 cm.
- un parallélisme entre le plan du film et le plan formé par l'axe des dents à radiographier, dans le plan horizontal et vertical, autant que l'anatomie le permet.
- l'utilisation de supports et de porte-films permettant un centrage du faisceau et l'assurance d'un rayon directeur perpendiculaire à la surface du film.

Sur une radiographie, l'émail est très radio-opaque, alors qu'une perte de la densité minérale se manifeste par une image radio-claire.

La radiographie rétrocoronaire ou bite-wing est classée parmi les techniques qui peuvent apporter au praticien le maximum d'information. La précision et l'orientation du rayon incident font de la radiographie rétrocoronaire le cliché de choix pour le dépistage précoce de la carie, en particulier au niveau des faces proximales. Il reste limité pour les lésions initiales de la face occlusale du fait de la superposition d'une grande épaisseur de tissus dentaires en vestibulaire et lingual.

Le guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie de 2006 :

- En présence d'un risque carieux élevé, les contrôles radiographiques peuvent être réalisés à un intervalle minimum de 6 mois jusqu'à ce que le risque carieux diminue.
- Si le risque carieux est modéré, un intervalle minimum de 12 mois entre deux examens radiographiques est recommandé.
- Si le risque carieux est faible, seuls des clichés rétrocoronaires sélectifs initiaux des dents suspectes cliniquement doivent être réalisés. Un intervalle minimum de 12 à 18 mois en phase de denture temporaire ou mixte et de 24 mois en phase de denture permanente doit être appliqué.

CATÉGORIE DE PATIENT	ENFANT Denture Lactéale (avant l'éruption de la première dent permanente)	ENFANT Denture mixte (après l'éruption de la première dent permanente)	ADOLESCENT Denture permanente (avant éruption des dents de sagesse)	ADULTE dentés	ADULTE édenté
Première visite Tous les nouveaux patients afin de constater le stade de développement et les affections	Examen rétrocoronaire des régions distales si les surfaces proximales des dents de lait ne sont ni visibles ni sondables	Cliché panoramique et rétrocoronaire postérieurs ou clichés rétroalvéolaire ± occlusaux et rétrocoronaire postérieurs	Clichés rétrocoronaires des régions distales et rétro-alvéolaire sélectif.	rétrocoronaires des régions distales et rétroalvéolaire sélectif	Néant
Visites suivantes Caries cliniques ou risques très élevés	Examen rétrocoronaire des régions distales tous les 6 mois ou jusqu'à disparition de toute lésion carieuse Cliché rétroalvéolaire pour voir l'état apical si caries pénétrantes	Examen rétrocoronaire des régions distales tous les 6 mois ou jusqu'à disparition de toute lésion carieuse Cliché rétroalvéolaire pour voir l'état apical si caries pénétrantes	Examen rétrocoronaire des régions distales tous les 6 à 12 mois ou jusqu'à disparition de toute lésion carieuse Cliché rétroalvéolaire pour voir l'état apical si caries pénétrantes	Examen rétrocoronaire des régions distales tous les 12 à 18 mois Cliché rétroalvéolaire pour voir l'état apical si caries pénétrantes	Néant

	ENFANT	ENFANT	ADOLESCENT	ADULTE dentés	ADULTE édentés
Pas de caries cliniques et pas de risques très élevés	Examen rétrocoronaire tous les 12 à 24 mois si les Surfaces proximales des dents de lait ne sont ni visibles ni sondables	Examen rétrocoronaire des régions postérieures tous les 12 à 24 mois	Examen rétrocoronaire des régions distales tous les 18 à 36 mois	Examen rétrocoronaire des régions distales tous les 24 à 36 mois	Néant
Consultation de suivi	Cliché panoramique possible si interruption trop longue dans le suivi du patient et si l'examen clinique le justifie	Cliché panoramique possible si interruption trop longue dans le suivi du patient et si l'examen clinique le justifie	Cliché panoramique possible si interruption trop longue dans le suivi du patient et si l'examen clinique le justifie	Cliché panoramique possible si interruption trop longue dans le suivi du patient et si l'examen clinique le justifie	Néant

Tableau n°2 : recommandation ANDEM (1996)

Pour Daudibertières et coll. (1993), la radiographie numérique permet une meilleure visualisation des lésions carieuses par augmentation des contrastes, la mise en évidence des atteintes superficielles de l'émail, ainsi qu'une évaluation quantitative des densités par radiométrie.

Le contraste de l'image observée peut être réglé de manière à révéler les détails anatomiques recherchés par le praticien, s'ils sont contenus dans le domaine des niveaux de gris les plus forts ou les plus faibles de l'image (Le Denmat et coll, 1994).

Il semblerait, que pour ces systèmes, un grand contraste soit nécessaire pour améliorer le diagnostic des lésions carieuses.

L'apport de la radiographie numérique en matière de diagnostic de la carie fait l'objet de controverses dans la littérature : alors que la plupart des travaux à ce sujet montre une qualité identique à celle des radiographies conventionnelles, certains auteurs rapportent des résultats moins bons. Pour Hennequin (1999), les lésions carieuses peuvent aussi bien être détectées avec la radiographie numérique qu'avec un cliché argentique, mais il faut cependant noter que les images imprimées sur papier sont de moindre qualité diagnostique que les films, en particulier si ces documents doivent être conservés.

C'est une technique qui présente néanmoins certains inconvénients : les capteurs peuvent constituer une gêne pour le patient et le coût des systèmes est élevé.

On peut par ailleurs reprocher à la radiographie rétrocoronaire la détection tardive et sa tendance à sous-estimer l'étendue des lésions proximales.

Les limites des instruments conventionnels devront inciter les chercheurs à en créer de nouveaux qui permettront de diagnostiquer les lésions à un stade précoce, de distinguer les lésions qui évoluent de celles qui se reminéralisent et, enfin, d'évaluer le risque carieux de chaque patient.

3.1 Nouveaux outils de diagnostic (8) (14) (15) (63)

3.2.1 FOTI/DIFOTI: transillumination ou fiber optical transillumination (28) (37) (43) (49) (55) (57) (64)

- Transillumination par fibre optique simple ou FOTI.

L'inspection visuelle des caries est basée sur le phénomène de diffusion de la lumière dans la dent. Le système FOTI utilise cette propriété et l'amplifie en utilisant une lumière blanche de haute intensité.

L'illumination est délivrée via les fibres d'une source lumineuse halogène placée au niveau de la surface dentaire.

La lumière est transmise dans la dent et lorsqu'un changement de structure intervient sur le chemin lumineux comme dans le cas d'une carie, cela provoque une diffraction de la lumière qui apparaît comme une ombre dans l'émail ou la dentine.

Ce système peut être utilisé sur toutes les surfaces de la dent et notamment sur les surfaces proximales (Pretty, 2006).

La FOTI permet de détecter les lésions dentinaires, mais reste peu fiable pour les caries amélares, surtout en terme de sensibilité.

Un des systèmes de transillumination par fibre optique utilisés au cabinet dentaire est le Microlux transilluminator.



Photographie n°1 : Microlux Transilluminator

Ce système présente certaines limites :

- les restaurations, comme les résines composites, vont modifier la transmission ainsi que la dispersion lumineuse. Une zone d'ombre peut alors apparaître au niveau de la dent illuminée, sans pour autant être une lésion carieuse.

- le diagnostic par transillumination doit être réalisé en prenant soin d'éviter les interférences des lumières ambiantes.
- le principal risque est de ne pas détecter une petite zone d'ombre.

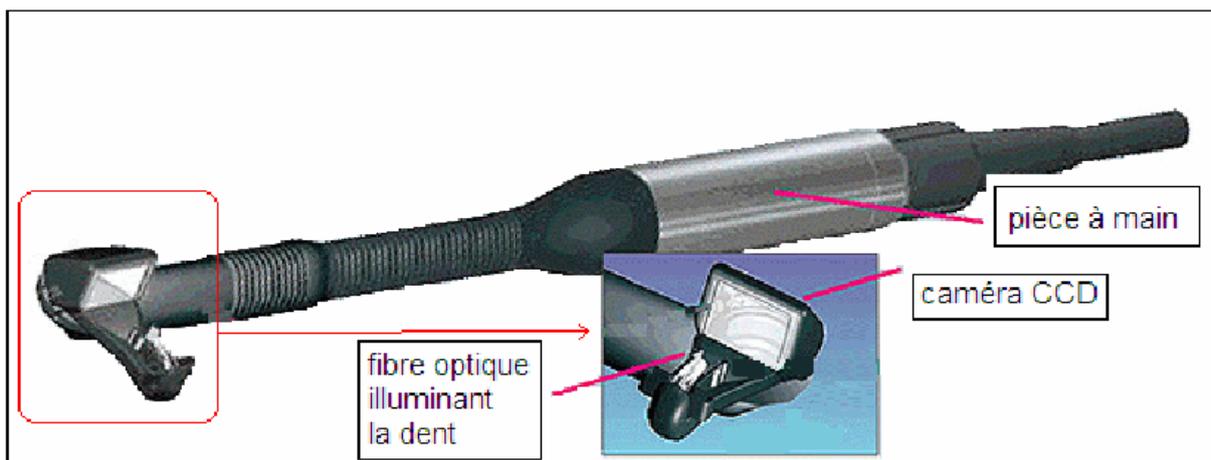
L'analyse des dents par transillumination reste un examen entièrement dépendant du praticien et de son acuité visuelle. (Lussi 1998).

La création du DIFOTI a tenté de résoudre le problème de la variabilité inter et intra examinateur de la FOTI.

- La transillumination par fibre optique avec imagerie numérique ou DIFOTI (digital Fiber Optic Transillumination)

Le DIFOTI a pour objectif de diminuer la grande variabilité intra et inter examinateur du diagnostic obtenu par FOTI. Pour cela, la transillumination par fibre optique a été associée à une caméra CCD (charge coupled device) et à un dispositif d'acquisition d'images numériques, permettant ainsi un archivage des données et un suivi dans le temps.

La caméra CCD et la fibre optique sont directement associées dans la pièce à main.



Photographie n° 2: DIFOTI

Le DIFOTI émet une lumière blanche. Cette lumière est émise à travers la dent puis est captée par la caméra CCD. Les images de la dent acquises par la caméra sont envoyées à l'ordinateur qui va analyser celles-ci grâce à un algorithme spécifique. Cet algorithme va ainsi permettre de diagnostiquer et de localiser la lésion carieuse. Le système va créer instantanément une image numérique en haute définition de la surface analysée. Le praticien va pouvoir étudier les images via l'écran informatique du dispositif et ainsi rechercher les variations de contraste. Cependant, l'analyse est toujours dépendante de l'examineur qui fait une appréciation basée sur l'aspect de la diffusion.

L'étude de Schneiderman et coll. en 1997 a révélé la supériorité de la DIFOTI par rapport à la radiographie pour la détection des caries débutantes, aussi bien au niveau des faces proximales, occlusales ou lisses.

Les dispositifs utilisant la transillumination par fibre optique (FOTI) ont initialement été conçus pour la détection des caries proximales. Leur utilisation s'est aujourd'hui étendue dans d'autres domaines, tels que la parodontologie, pour la détection du tartre sous gingival, l'endodontie, pour aider à déterminer la position des entrées canalaire, la chirurgie, pour détecter des fragments après une extraction difficile, ou bien pour détecter des microfractures non décelables à la radiographie.

3.2.2 ERM/ECM résistance électrique: impédance ou conductance électrique (7) (22) (29) (30) (41) (50)

L'impédance électrique se définit comme la mesure de la résistance des tissus biologiques par l'envoi d'un courant sinusoïdal de faible intensité et de haute fréquence à travers des électrodes. En appliquant une tension aux bornes des électrodes, il est possible de mesurer une impédance par le biais de la loi d'Ohm.

Les dents possèdent une faible conductivité électrique liée à la présence de l'émail. Lorsque le volume amélaire est diminué, hypo ou déminéralisé, ceci s'accompagne par une augmentation de la conductivité électrique. Le principe de cette technique est basé sur la détection de l'augmentation de la conductivité électrique qui accompagne la réduction du contenu minéral des lésions carieuses.

Cette augmentation de la conductivité est due à la présence de microcavités de déminéralisation obturées par la salive qui joue le rôle d'électrolyte permettant la transmission du courant électrique (Huysmans et Longbottom., 1998).

Cette technique est sujette aux erreurs de préparation des surfaces des dents pour recevoir les électrodes. Ainsi, les variations de pH intrabuccal, la variation de composition chimique salivaire ou les différents types de dents affectent les mesures de l'impédance et, en même temps, réduisent la fiabilité de cette méthode. D'autre part, son utilisation demande une grande expérience de la part du praticien.

Le dispositif disponible en cabinet dentaire est le CariScan pro® de la société IDMoS. Il est commercialisé depuis 2008.



Photographie n°3: CariScan pro®(2008)

Le système **CariesSan pro**[®] est calibré lors de sa conception ; il n'est donc pas nécessaire de l'étalonner en bouche sur une dent saine avant son utilisation.

Afin d'être en circuit électrique fermé, un crochet à lèvre est mis en place sur la lèvre inférieure.

Le protocole avant la réalisation de détection carieuse consiste en un nettoyage de la dent, une isolation de celle-ci avec des cotons hydrophiles et un séchage à l'air de la surface dentaire.

Ce protocole est important pour éviter tous risques de modification de la conductance lors du passage du courant électrique. Puis, le capteur est placé sur la zone à analyser sur une durée d'environ 4 secondes.

Le CarieScan pro[®] va balayer plusieurs fréquences allant de 200 à 100000 Hz et enregistrer les données afin de créer un diagramme de Nyquist pour la dent testée. A partir de ce diagramme, pour une fréquence donnée, il est possible de définir une valeur de résistance du tissu. Lors d'une mesure d'impédance sur un tissu, les points M obtenus par mesure seront comparés aux points M issus du diagramme de Nyquist.

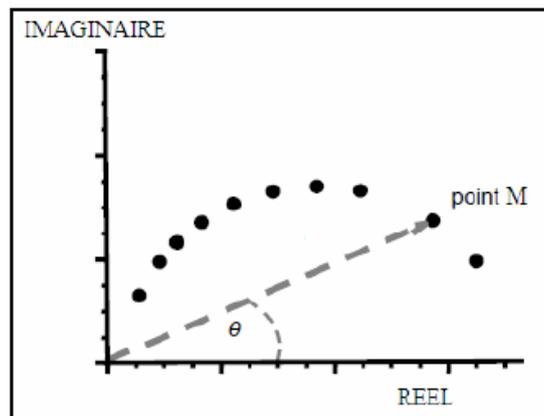


Schéma n° 5 : Diagramme de Nyquist. Bruce et al. (1994)

Le processeur va ainsi analyser les données et les comparer à la base de données du système.

Les mesures possibles avec le CarieScan pro[®] sont limitées aux surfaces planes et aux surfaces occlusales.

En effet, les mesures ne peuvent être réalisées pour les caries radiculaires, les points de contact et les surfaces en contact avec la papille interdentaire. La sonde, qui est composée d'une multitude de filaments métalliques comparable à un pinceau, ne permet pas un contact optimal dans la zone proximale où l'accès est difficile. De plus, le protocole de séchage à l'air de la surface est impossible à mettre en place (Pine CM et Bosch, 1996).

3.2.3 La fluorescence: (29) (30)

3.2.3.1 Principe d'utilisation : (13) (17) (51)

La fluorescence est une émission lumineuse provoquée par l'excitation d'une molécule, immédiatement suivie de l'émission spontanée d'un photon.

La fluorescence est la résultante de l'interaction entre la longueur d'onde illuminant un objet et les molécules de cet objet.

C'est un phénomène où la lumière est absorbée dans une longueur d'onde spécifique, puis émise à une longueur d'onde plus élevée. Cette caractéristique a été observée dans les tissus dentaires : la lumière d'absorption et celle de réémission sont différentes dans l'émail, la dentine et le cément, ainsi que dans les tissus atteints.

La fluorescence peut être utilisée pour la détection et le diagnostic ultérieur de la carie dentaire, puisqu'il a été observé que la différence entre la fluorescence naturelle des tissus sains et des tissus atteints, peut être quantifiée en utilisant des dispositifs émetteurs de lumière, comme le laser, le xénon ou le LED (Diniz et al, 2012).

L'auto fluorescence est la capacité des tissus irradiés à émettre une fluorescence. Les tissus biologiques exposés à une lumière réagissent en l'absorbant, en la dispersant et en réfléchissant des photons.

Cela peut être utilisé pour différencier un espace riche en éléments organiques tel que la carie dentaire par rapport à une zone saine environnante bien minéralisée.

Le principe de détection est basé sur le changement des propriétés physiques induites par les lésions carieuses. Parce qu'il y a plus d'eau dans une lésion carieuse que dans l'émail sain, la longueur de trajectoire libre d'un photon lumineux à l'intérieur d'une lésion carieuse est plus courte et moins transparente, comparativement à un émail sain (Pinelli et coll, 2002).

L'émail sain possède une fluorescence jaune alors que les zones déminéralisées paraissent sombre (Eggertsson et coll, 1999).

L'émail et la dentine possèdent une faible auto-fluorescence dans le spectre rouge de l'émission électromagnétique. Le tissu carié présente une forte augmentation de celle-ci. L'auto fluorescence du tissu carié est provoquée par le contenu de la matrice dégradée par les bactéries.

3.2.3.2 Laser utilisant la fluorescence

3.2.3.2.1 QLF (quantitative light induced fluorescence) (19) (34) (55) (59) (60) (61) (65)

Le principe du QLF est basé sur la modification de l'auto-fluorescence du tissu dentaire après une altération de sa structure minérale. Le terme fluorescence laser quantitative QLF est appliqué pour déterminer la fluorescence de la dent induite après l'utilisation d'une lumière

laser proche de 400 nm. Cet outil doit permettre de quantifier la déminéralisation et la sévérité de la lésion.

Cependant, la QFL ne peut différencier les lésions confinées à l'émail de celles ayant évolué dans la dentine.

La QLF est utilisée principalement pour la détection des lésions carieuses sur des surfaces lisses des dents. Elle comporte plusieurs branches se différenciant principalement par la longueur d'onde d'excitation de fluorescence (entre 488 et 655 nm). L'excitation à des longueurs d'ondes courtes (488, 511 nm) permet de révéler des zones de dents déminéralisées par la réduction d'intensité de fluorescence. La spécificité et la sensibilité du LASER pour le diagnostic des caries s'élève à plus de 80 %.

Ainsi, la modification de la fluorescence amélaire peut être détectée et mesurée quand la dent est illuminée par une lumière bleue violette (longueur d'onde entre 290-450 nm). La lumière est émise par une fibre optique, puis l'image de cette fluorescence est capturée par une caméra contenant un filtre jaune de 520 nm. Ce filtre permet d'exclure les lumières bleues et vertes dispersées.

L'image capturée est convertie tout d'abord en image noire et blanche. Puis le logiciel va analyser cette image. Pour permettre le calcul de la perte de fluorescence au niveau de la lésion carieuse, l'éclat fluorescent de la lésion est reconstruit par interpolation de l'éclat fluorescent du tissu sain adjacent à la lésion.

Les modifications de la fluorescence ainsi que de la superficie de la lésion peuvent être suivies dans le temps, permettant de suivre le développement de la lésion.

L'affichage de ces informations sur écran LCD permet au praticien d'adapter son traitement à la déminéralisation.

De plus, avec cet affichage, le patient a une vision directe sur ses dents et peut prendre conscience de son état de santé bucco-dentaire.

Le processus de fluorescence est dépendant de la déminéralisation, mais aussi de la reminéralisation. En effet, un processus de reminéralisation d'une lésion carieuse entraîne une augmentation de la fluorescence. Il est donc possible avec le QLF de suivre la cinétique d'une lésion carieuse traitée par des fluorures.

Les limites de ce système sont les suivantes :

- Il est peu performant dans la détection des caries proximales, en rapport avec la faible dimension de la structure amélaire au niveau proximal. De plus, les faces proximales possèdent leurs propres propriétés de dispersion de la lumière.

-La QLF ne peut détecter les lésions amélares de quelques centaines de microns de profondeur. Elle ne permet pas de différencier une carie, d'une hypoplasie ou d'un défaut structurel (Emami et al, 1996).

L'examen visuel reste donc indispensable pour vérifier l'état de la structure dentaire. Or, dans le cas des lésions proximales, l'examen visuel est très difficile, voire impossible pour certaines zones. Le risque de résultat faux-positif est élevé et peut entraîner un sur-traitement.

-Une autre limite est l'analyse de la face proximale au niveau de la gencive et de la papille interdentaire. L'illumination de cette zone est très difficile avec les dispositifs QLF. L'illumination étant faible, la différence de contraste entre la fluorescence d'une zone saine et d'une zone cariée est très faible. Il est donc difficile pour le logiciel d'analyse de clairement identifier une lésion et de la délimiter.

-La position de la caméra peut affecter l'estimation de la taille de la lésion, la caméra doit être placée perpendiculairement à la surface analysée. La lésion amélaire peut apparaître plus petite si l'angle est dévié de plus de 20 degrés. Mais elle peut aussi apparaître plus grande qu'en réalité. Le risque est une éviction insuffisante du tissu carié ou, au contraire, un délabrement trop important lors de la mise en place des soins conservateurs.

Il existe plusieurs systèmes sur le marché

- **Le dispositif Inspektor Pro®** de la société Inspektor Research Systems est apparu en 2003. Il fut le premier dispositif à utiliser le principe de QLF.

Il est composé d'une lampe à arc au xénon émettant une lumière bleue de longueur d'onde 370 nm, d'un miroir et d'un capteur CCD. L'enregistrement de l'image de fluorescence se fait avec un filtre jaune de transmission placé en face du capteur CCD. La combinaison du filtre jaune et du filtre bleu optimisent l'image vidéo. L'image est numérisée puis est analysée par le logiciel QLF installé dans l'ordinateur intégré du dispositif. La pièce à main s'utilise comme une caméra intra-orale et les images sont capturées en temps réel.

Ce dispositif est peu répandu dans les cabinets dentaires du fait de son encombrement important et de son coût.



Photographie n° 4: Inspektor pro®

- **Le dispositif Soprolife®** de la firme Française Acteon est apparu en 2009.

Il émet une lumière bleue de longueur d'onde $\lambda = 450$ nm. Cette lumière est émise à partir d'une LED contenue dans la caméra.



Photographie n°5: Soprolife®

Le dispositif possède aussi un capteur CCD (Charged Coupled Device) captant la fluorescence émise par la dent. Les données sont ensuite transmises et analysées par le logiciel Soprolife imaging software Life mode.

La Soprolife® permet un grossissement de la dent sur l'écran compris entre 30 et 100.



• Mode I - dent saine: feu vert de fluorescence homogène envoyé par la dent saine.



• Mode II - dent infectée: rouge / signal d'obscurité de fluorescence envoyé par la dent infectée.

Photographie n°6: Soprolife® fluorescence dent saine /dent infectée

Les variations de l'auto-fluorescence observées en cas de pathologies carieuses ainsi que l'agrandissement de l'image sur l'écran offrent au praticien des informations cliniques pour établir son diagnostic et ses choix de traitement.

Il n'est pas nécessaire de calibrer le dispositif Soprolife® avec un référentiel.

3.2.3.2.2 DELF (Dye-enhanced laser fluorescence) (17) (55)

DELF utilise le même principe que QLF, à la différence qu'il repose sur l'utilisation d'un marqueur (molécules fluorescentes exogènes) afin de permettre la détection de la lésion initiale.

Cependant, la DELF ne permet pas de quantifier le degré de déminéralisation. Des artefacts de détection, liés à des déviations morphologiques des dents, et des concentrations des colorants dans des structures biologiques qui ne sont pas liées à une carie, réduisent la possibilité d'application de la DELF dans le diagnostic de carie (Eggertsson H et al, 1999).

3.2.3.3 Diagnodent® (Kavo) (20) (27) (43) (44) (60)

Il est basé sur le même principe que QLF. Il permet à la fois la détection et la quantification des caries. Les dents sont illuminées avec une lumière laser de longueur d'onde 655 nm qui est absorbée par la substance organique et inorganique. La lumière réémise est proche d'une lumière fluorescente infrarouge. Le changement de la substance dentaire associé à la progression carieuse se traduit par une augmentation de la quantité de lumière fluorescente (Farge, 2000).

Le premier dispositif de fluorescence laser, DIAGNODent 2095® commercialisé par la marque KaVo® (KaVo, Biberach, Allemagne), a été développé en 1998.



Photographie n°7: DIAGNODENT® (1998)

Il est constitué d'une diode laser émettant à 655 nm, transportée par une fibre optique centrale. Puis, 8 fibres optiques détectrices entourant la fibre émettrice sont chargées de capter la fluorescence émise par la dent. Ce signal permettra d'obtenir une valeur de 1 à 99 nous informant sur le degré de déminéralisation de la zone testée (Pretty, 2006). Le praticien établira son diagnostic et son plan de traitement en comparant le score qu'il a obtenu avec les valeurs limites fournies par les fabricants.

Diagnodent donne trois informations :

- une indication sonore signalant la présence d'une zone déminéralisée.
- une mesure instantanée.
- l'enregistrement de la valeur la plus intense.

La présence de plaque, de tartre, de matériaux d'obturation, d'aliment, de salive, une proximité pulpaire peuvent fausser les mesures effectuées par l'appareil.

Avant chaque utilisation l'appareil doit être calibré à l'aide d'une céramique fournie par le fabricant.

Un nouveau dispositif plus compact est arrivé sur le marché : le **DIAGNOdent 2190®** ou **DIAGNOdent pen ®** (KaVo, Biberach, Allemagne). Cet appareil fonctionne sur le même principe que le premier. Dispositif avec un poids de 140g et une seule batterie (1,5 V).

IV EFFICACITE DES DIFFERENTS OUTILS

4.1 Qualité d'un outil diagnostique

Pour qu'un outil de diagnostic soit utilisé, il faut qu'il soit valide, fiable et reproductible, c'est-à-dire qu'il puisse détecter les lésions carieuses à coup sûr, sans qu'il soit positif en l'absence de lésion.

L'efficacité d'un outil se mesure en termes de spécificité, la sensibilité et la reproductibilité.

4.1.1 La reproductibilité : (10) (36)

C'est la capacité d'un outil ou d'un test diagnostique à être utilisé dans différentes circonstances et à obtenir des résultats identiques. Cette reproductibilité est évaluée au moyen du coefficient de Kappa (Cohen J.1960).

Dans le cas de deux observateurs statistiquement indépendants ayant r modalités de jugement, avec $r \geq 2$, le coefficient Kappa s'écrit :

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Avec P_o : la proportion d'accord observée.

P_e : la proportion d'accord aléatoire ou concordance attendue sous l'hypothèse d'indépendance des jugements.

Landis et Koch(1977) ont proposé un classement de l'accord en fonction de la valeur de Kappa présenté dans le tableau ci-dessous.

<i>Accord</i>	<i>Kappa</i>
Excellent	$\geq 0,81$
Bon	0,80 - 0,61
Modéré	0,60 - 0,41
Médiocre	0,40 - 0,21
Mauvais	0,20 - 0,0
Très mauvais	$< 0,0$

Tableau n°3: Degré d'accord et valeur de Kappa. Landis et Koch(1977)

4.1.2 La Sensibilité : (Se) (36)

C'est la capacité à détecter une lésion lorsqu'elle existe vraiment. Elle se mesure grâce aux vrais positifs et faux négatifs par le rapport :

$$\frac{\text{Vrais Positifs}}{\text{Vrais Positifs} + \text{Faux Négatifs}}$$

Faux négatifs : sites qui présentent une lésion carieuse et pour lesquelles les tests diagnostiques rendent une réponse négative et donc induit un sous-traitement.

4.1.3 La Spécificité: (Sp) (36)

C'est la capacité à affirmer l'absence de lésion carieuse quand la lésion est vraiment absente. Elle se mesure grâce aux vrais négatifs et faux positifs par le rapport :

$$\frac{\text{Vrais Négatifs}}{\text{Vrais Négatifs} + \text{Faux Positifs}}$$

Faux positifs : sites qui ne présentent pas de lésion carieuse mais pour lesquelles les tests diagnostiques rendent une réponse positive et induit un sur-traitement.

Le concept de sensibilité et de spécificité est utilisé pour déterminer le seuil d'un test, c'est-à-dire la valeur à laquelle on décide qu'il devient positif.

$$\text{Se} = 1 - \text{Sp}$$

Si on abaisse ce seuil, le test sera plus sensible mais moins spécifique. La valeur de ce seuil dépend grandement de l'utilisation que l'on veut faire du test. Les tests très sensibles sont surtout utiles pour s'assurer qu'une maladie n'est pas présente (peu de faux négatifs) alors que ceux qui sont très spécifiques sont utiles pour s'assurer qu'une maladie est bien présente (peu de faux positifs).

Ensemble, la sensibilité et la spécificité d'un test donnent une appréciation de la validité intrinsèque de l'outil.

4.2 Comparaison des méthodes (17) (18) (24) (43) (45) (49) (57) (64)

Pour qu'une étude évaluant la qualité d'un outil de détection soit exploitable, il faut que la comparaison soit faite en utilisant pour définir les « malades », un test de référence valide ou gold standard. Pour la lésion carieuse, la référence est l'examen histologique. Et c'est à partir de cet examen histologique que les performances de nos examens de base - c'est-à-dire l'examen visuel et la radiologie rétro-coronaire - sont mesurées.

La qualité diagnostique des nouveaux outils de détection est habituellement comparée à celle des examens de base utilisés en clinique.

	Caries occlusales		Caries proximales		auteurs
	Sensibilité	Spécificité	Sensibilité	spécificité	
Examen visuel	0,58-0,74 / /	0,83-0,97 / /	/ 0,30 0,38	/ 0,99 0,97	Eggertsson (1999) Heinrich (1991) Peers (1993)
Radiographie rétrocoronaire	0,18-0,20 0,45 /	0,98-1,00 / /	0,21-0,31 0,71 0,59	0,88-0,91 0,99 0,96	Schneiderman(1997) Vaarkamp (2000) Peers (1993)
Examen visuel + radiographie rétrocoronaire	0,49				Lussi (1993) Vaarkamp (2000)
FOTI	0,50-0,70 / /	0,99-1,00 / /	/ 0,68 0,67	/ 0,99 0,99	Vaarkamp (2000) Heinrich (1991) Peers (1993)
DIFOTI	0,67-0,80	0,87	0,56-0,69	0,56-0,69	Shneiderman (1997)
ERM	0,76	0,76	/	/	Jaquot et Fontaine (1995)
QLF	0,56-0,74	0,67-0,78	/	/	Eggertsson et coll (1999)
DELFI	0,61-0,79	0,86-0,98	/	/	Eggertsson (1999)
Diagnodent	0,76-0,95	0,50-0,87	/	/	El Housseiny et Jamjoum (2001) Lussi(1999)

Tableau n°4 : sensibilité et spécificité des différents outils de diagnostic.

En cariology, les tests *très sensibles* sont surtout utiles pour s'assurer qu'il n'y a pas de maladie carieuse (peu de faux négatifs). Peu de tests semblent finalement avoir une sensibilité de 80% dans la détection de caries occlusales et proximales. Ceci signifie que nombre de caries ne sont pas détectées.

Les tests *très spécifiques* sont utiles pour s'assurer qu'une lésion carieuse *est bien présente* (peu de faux positifs).

En général, les tests et outils à notre disposition sont plus aptes à éviter un faux positif mais ne peuvent éviter un nombre important de faux négatifs, à l'exception peut-être du Diagnodent. (Se > Sp). Ceci signifie qu'un certain nombre de lésions carieuses ne sont pas détectées.

4.2.1 Radiographie (6) (16) (64)

Selon Vaarkamp et al. (2000), cette technique possède une sensibilité de 0,45 et de 0,49 lorsqu'elle est combinée à l'examen visuel pour les lésions carieuses occlusales sans cavitation ; seule la sensibilité est comprise entre 0,18 et 0,45. Au niveau proximal, la sensibilité de cette technique est comprise entre 0,21 et 0,71, la spécificité varie entre 0,99 et 1,00. Donc avec cette technique, le risque de sous traitement est présent.

Dove (2001) a recensé toutes les études et publications présentant la sensibilité et la spécificité de la radiographie dans la détection des lésions carieuses. Ainsi, plusieurs publications réalisées entre janvier 1966 et décembre 2000 ont été choisies avec, comme critère principal de sélection, le type de lésions (dentinaire ou cavitaire). Le tableau n°5 présente les résultats obtenus.

auteurs	Lésion amélaire		Lésion à la jonction amélodentinaire		Lésion pénétrant la jonction amélodentinaire		Lésion dentinaire		Nombre de site
	Se	Sp	Se	Sp	Se	Sp	Se	Sp	
Rugg-Gun 1972	0,35	1,00	/	/	/	/	/	/	370
Mejare et al. 1985	0,36	0,98	/	/	/	/	/	/	598
Downer 1975	/	/	0,73	0,97	/	/	/	/	185
Russel et Pitts 1993	/	/	/	/	0,25	0,95	/	/	240
Pitts et Rimmer 1992	/	/	/	/	/	/	0,87	0,99	1468
Hintze et al .	/	/	/	/	/	/	0,63	0,93	338

Espelid et tveit 1986	/	/	/	/	/	/	0,69	0,89	151
Mileman et Van der Weele 1990	/	/	/	/	/	/	0,54	0,97	276
Verdonschot et al. 1991	/	/	/	/	/	/	0,50	0,94	21
Ricketts et al. 1997	/	/	/	/	/	/	0,16	0,99	96
VALEUR MOYENNE	0,36	0,99	0,73	0,97	0,25	0,95	0,64	0,95	/

Se: sensibilité **Sp:** spécificité

Tableau n°5: sensibilité et spécificité de la radiographie rétro-coronaire selon le niveau lésionnel (Dove, 2001).

Pour les lésions amélares la sensibilité a une valeur moyenne de 0,36 et la spécificité est de 0,99. Le risque de ne pas déceler les caries est assez élevé.

Pour les lésions à la jonction amélodentinaire, la sensibilité est plutôt élevée 0,73 et la valeur moyenne de spécificité est de 0,97, pour ce stade de développement de la carie il y a peu de sous-traitement.

Pour les lésions pénétrant la jonction amélodentinaire la sensibilité moyenne est de 0,25 et la spécificité est de 0,95, donc le sous-traitement est important.

La valeur moyenne de sensibilité est la plus élevée pour les lésions dentinaires, c'est à ce stade de développement de la carie que la radiographie est le plus préconisé pour la détection des lésions carieuses et permet le moins de sous-traitement.

Les valeurs moyennes de spécificité varient entre 0,95 et 0,99 pour les différents niveaux de lésion; cela montre qu'il y a très peu de sur-traitement avec cette méthode.

Toutes ces publications mettent en évidence le haut degré de spécificité de la radiographie par rapport à sa sensibilité. De ce fait, le diagnostic faux négatif, en présence de caries est beaucoup plus apte à se produire. L'inconvénient est la non détection d'importantes lésions, ou la détection tardive de celles-ci, à un stade où la reminéralisation n'est plus envisageable (Bullock et al., 2009).

L'étude de Da Silva Neto et al. (2008) a montré que la radiographie des faces proximales n'a pas permis de détecter ni des lésions amélares, ni des lésions du tiers externe de la dentine. Ces lésions ont pourtant été détectées par un examen histologique. Cette étude a montré que radiographiquement, les lésions proximales commencent à être visibles quand plus de la moitié de l'émail est touché.

Ceci montre que la radiographie n'est pas la méthode la plus indiquée pour détecter les caries

naissantes de l'émail. Les analyses radiographiques ont montré moins de faux négatifs quand la lésion touchait la dentine.

4.2.2 FOTI: transillumination ou fiber optical transillumination (24) (28) (49) (64)

D'après Vaarkamp et coll. (2000) la spécificité de cette technique est comprise entre 0,99 et 1,00 et demeure comparable à celle de la radiographie rétro-coronaire alors que la sensibilité est inférieure à celle de la radiographie ; elle est comprise entre 0,50 et 0,70 et donc peut induire des faux négatifs.

Heinrich et al. (1991) ont comparé FOTI et l'examen clinique dans la détection des caries proximales. La proportion des caries proximales détectée par la transillumination a été le double de celle mise en évidence par l'examen clinique. L'examen clinique montre une sensibilité de 0,30 tandis que la sensibilité de FOTI est de 0,68. La spécificité des deux examens est similaire et est de 0,99. L'étude présente FOTI comme un bon moyen de diagnostic des caries proximales, particulièrement chez les patients à faible prévalence carieuse.

Peers et al. (1993) ont étudié la validité et la reproductibilité de plusieurs examens dans le diagnostic des caries proximales: l'examen clinique, les radiographies de type bitewing, ainsi que FOTI.

Une soixantaine de modèles, composés chacun de deux prémolaires et deux molaires, ont été analysés. Tous les modèles ont été examinés deux fois, à une semaine d'intervalle.

Les dents ont été sectionnées puis étudiées histologiquement pour confirmer la présence de lésions carieuses.

Dans le cadre de cette étude, seules les caries dentinaires ont été sélectionnées.

La reproductivité des trois examens était tout à fait valable, puisque le coefficient de Kappa dépassait les 0,61 (soit une bonne corrélation).

Toutefois, la différence importante entre ces trois examens a porté sur la sensibilité. En effet, les sensibilités de l'examen clinique, la radiographie et FOTI étaient, respectivement, de 0,38, 0,59 et 0,67 donc l'examen clinique induira plus de sous-traitement que le FOTI. Les valeurs respectives pour la spécificité sont de 0,97 pour FOTI, 0,96 pour les radiographies bitewing et 0,99 pour l'examen visuel, soit très peu de faux positifs qui entraînent peu de sur-traitement.

Ainsi, la différence de valeur entre la sensibilité de FOTI et celle de la radiographie de type bitewing est assez faible statistiquement et donc ne permet pas au FOTI d'être une véritable alternative à la radiographie dans le diagnostic des caries proximales. Toutefois, ces deux outils de diagnostic combinés permettraient un suivi régulier des patients et amélioreraient le dépistage des lésions carieuses.

4.2.3 DIFOTI (Digital Fiber Optic Transillumination) (28) (57)

L'étude de Schneiderman et al. (1997) a révélé la supériorité du DIFOTI par rapport à la radiographie pour la détection des caries débutantes, aussi bien au niveau des faces proximales qu'occlusales. L'étude a été réalisée in vitro sur 50 dents extraites.

DIFOTI montre une sensibilité comprise entre 0,67-0,80 et une spécificité de 0,87 pour les caries occlusales et une sensibilité comprise entre 0,56-0,69 et une spécificité comprise entre 0,56-0,69 pour les caries proximales. Le DIFOTI est plus efficace pour les lésions carieuses occlusales ; il engendre moins de faux positifs et de faux négatifs qu'en proximal.

Dans le cadre des caries proximales, la sensibilité du DIFOTI est le double de la radiographie. La spécificité est, quant à elle, plus faible, ce qui implique plus de sur-traitement.

Dans cette même étude la reproductibilité du DIFOTI a été étudié : pour l'analyse des faces proximales, la valeur obtenue n'est que de 0,25 ce qui est considéré comme médiocre et nettement inférieure à la radiographie.

4.2.4 ERM/ECM résistance électrique: impédance ou conductance électrique(29) (45)

La mesure électrique montre une sensibilité de 0,76 et une spécificité de 0,76 (Jaquot et Fontaine, 1995). Dans une étude comparative in vitro entre l'examen visuelle et la radiographie Bitewing pour le diagnostic des caries occlusales, (Huysmans et coll.1998) ont montré que l'ERM est plus sensible que la radiographie Bite-Wing et l'examen visuelle; la mesure électrique permettrait donc une meilleure détection des caries occlusales.

4.2.5 QLF (quantitative light induced fluorescence) (1)

On retrouve une sensibilité comprise entre 0,56 et 0,74 ce qui est équivalent à l'examen visuel ; ainsi qu'une spécificité comprise entre 0,67 et 0,78 qui est inférieure à celle de l'examen visuel. Il peut y avoir des sur-traitements avec cette technique.

4.2.6 DELF (Dye-enhanced laser fluorescence) (17)

Eggertsson et coll. (1999), dans une étude in vitro, ont trouvé les valeurs de sensibilité de 0,56-0,74 pour la fluorescence laser, et de 0,61-0,79 pour DELF. La spécificité était de 0,67-0,78 pour la fluorescence laser, 0,86-0,98 % pour DELF.

DELF a une valeur de sensibilité comparable à celle obtenue pour la fluorescence laser et l'examen visuel. Cependant la spécificité est meilleure pour DELF, ce qui signifie qu'il entraîne moins de faux positif et de sur-traitements que la fluorescence laser.

4.2.7 Diagnodent (2) (45)

Selon Lussi (1999) et El Housseiny et Jamjoum (2001) la sensibilité varie entre 0,76 et 0,95. Elle est meilleure que pour l'examen visuel.

La spécificité varie entre 0,5 et 0,87, elle est inférieure à celle de l'examen visuel ; cela peut s'expliquer par un mauvais nettoyage de la dent. Cependant elle augmente pour les caries dentinaire.

La reproductibilité a été testée sur 15 dents, par Attril et Ashley (2001) et sur 95 dents par Lussi et Franscut (2003). Les études montrent plutôt une bonne reproductibilité; le Kappa varie entre 0,65 et 0,73 respectivement pour une carie de l'émail et de la dentine.

En général les études *in vivo* montrent une haute sensibilité et une faible spécificité pouvant entraîner des sur-traitements. Pour les auteurs/concepteur du Diagnodent, cet outil doit être considéré comme une aide supplémentaire à la détection des caries précoces.

On peut conclure que la sensibilité des différentes méthodes (FOTI, DIFOTI, ERM, QLF, DELF, Diagnodent) est supérieure ou égale à celle des examens de base (examen visuel et radiographique) et que la spécificité des différentes méthodes est inférieure ou égale à ces examens sauf le FOTI qui a une spécificité plus élevée. Les nouveaux outils permettent d'avoir moins de sous-traitements par rapport aux examens de base. Ils sont à utiliser en complément des examens de base pour avoir un diagnostic complet.

V Analyse critique de la littérature

Une analyse de la littérature utilisée pour ce travail est nécessaire avant de pouvoir conclure. Le service des recommandations professionnelles de l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES), propose une méthode d'analyse et de gradation des recommandations. Ce qui permet de référencer les différents articles selon plusieurs niveaux de preuve et de juger leur qualité. (Tableau n°6)

Niveau de preuve scientifique de la littérature	Force des recommandations
<p align="center">Niveau 1</p> <p align="center">- Essais comparatifs randomisés de grande puissance (risques alpha et bêta faibles)</p> <p align="center">- Méta-analyses</p>	Grade A
<p align="center">Niveau 2</p> <p align="center">- Essais comparatifs randomisés peu puissants (risques alpha et bêta élevés)</p>	Grade B
<p align="center">Niveau 3</p> <p align="center">- Essais comparatifs contemporains non randomisés - Études de cohorte</p> <p align="center">Niveau 4</p> <p align="center">- Essais comparatifs avec série historique</p> <p align="center">Niveau 5</p> <p align="center">-série de cas</p>	Grade C

Tableau n°6 : Niveau de preuve scientifique de la littérature et force des recommandations
(Adapté du score de Sackett). ANAES (2000)

Pour l'analyse critique, nous n'utiliserons que les publications qui ont permis de comparer les différents moyens diagnostiques de détection des lésions carieuses. Le tableau n°7 récapitule les références bibliographiques qui ont servi à cette analyse et leurs principales caractéristiques.

Auteurs et année	Objet d'étude	Type d'étude	Effectif source	Analyse statistique
1. Alammari M.R. et coll. (2013)	Détection des caries occlusales grâce au QLF	Article diagnostique	46	p<0 ,002 p<0,012
2. <u>Attrill DC.</u> et	Diagnostic des caries occlusales sur dents	Article	57	Mc Nemar, ROC,

coll. (2001)	permanentes. Comparaison Diagnodent /examen visuel	diagnostique		sensibilité, spécificité Se $p > 0,05$ Sp P $< 0,05$
6. Bullock L. et coll. (2009)	Diagnostic des caries proximales par bite -wing	Revue de synthèse	Université de Toronto (18 articles)	-
11. Da Silva Neto J.M. et coll. (2008)	Diagnostic radiographique des lésions carieuses proximales débutantes en comparaison avec l'examen visuel	Article diagnostique	44	Sensibilité, spécificité, kappa
16. Dove S.B. et coll. (2001)	Diagnostic radiographique des lésions carieuses	Revue de synthèse	Pubmed (33articles)	-
17. Eggertsson H. et coll. (1999)	Détection des lésions carieuses proximales grâce à : la fluorescence laser, DELF, l'examen visuel.	Article diagnostique	80	Sensibilité, spécificité, Mc Nemard
28. Hintze H. et coll. (1998)	Fiabilité de l'examen visuel, FOTI, bite-wing dans le diagnostic des lésions carieuses	Article diagnostique	53	Sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative, kappa
29. Huysmans M.C. et coll. (1998)	Diagnostic des lésions carieuses grâce aux méthodes électriques, comparaison avec l'examen visuel et la radiographie bite-wing	Article diagnostique	107	Sensibilité, spécificité, ROC, Kappa
30. Huysmans M.C. et coll. (1996)	Impédance électrique dans la détection des lésions carieuses	Article diagnostique	39	Sensibilité, spécificité, Spearman, ANOVA
45. Lussi A. et coll. (1999)	Performance et reproductibilité de la fluorescence laser (Diagnodent) dans la détection des caries occlusales,	Article diagnostique	105	Sensibilité, spécificité, kappa, corrélation de Spearman

	comparaison avec ECM			
57. Schneiderman A. et coll. (1997)	Détection des caries grâce au DIFOTI en comparaison avec la radiographie	Article diagnostique	50	Sensibilité, spécificité, kappa
64. Vaarkamp J. et coll. (2000)	Performance de la radiographie bite-wing et du FOTI dans la détection des caries	Revue de synthèse	MEDLINE	

Tableau n°7 : Références bibliographiques

Sur ces 12 articles, 9 d'entre eux sont des articles diagnostiques, et 3 sont des revues de synthèse. Parmi les études diagnostiques, seulement 2 sont des études *in vivo* : **Hintze H. et coll. (1998)** et **Alammari M.R. et coll. (2013)**. Les 9 autres sont des études réalisées *ex vivo* et *in vitro*. Ce qui implique que les résultats obtenus dans les 2 études *in vivo* ont une valeur scientifique correcte, les conclusions des autres articles ne correspondront qu'à une présomption de preuve scientifique.

5.1 Analyse des articles diagnostiques

Les références correspondant à ce type d'article sont : 1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57.

	Oui	Non	?
1. Les objectifs sont clairement définis	1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57		
2. méthodologie			
- Le test étudié est comparé à un test de référence fiable et valide, déterminé <i>a priori</i>	1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57		
- La méthode de sélection des patients est décrite	1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57		
- La fréquence de la maladie dans l'échantillon étudié correspond aux données épidémiologiques connues	1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57		

- Le terme « normal » est défini	1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57		
3. Analyse des résultats			
- Les résultats sont analysés en aveugle quand c'est possible	2, 11, 29		1, 17, 28, 30, 45, 57
- Les caractéristiques diagnostiques du test sont calculées ou calculables (sensibilité, spécificité)	2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57	1	
4. L'utilité clinique du test est recherchée	1, 2, 11, 17, 28, 29, 30, 45, 57		

Tableau n°8 : Critères d'analyse des articles diagnostiques. D'après l'ANAES (2000)

Neuf articles : Attrill DC. et coll. (2001), Da Silva Neto J.M. et coll. (2008), Eggertsson H. et coll. 1999, Hintze H. et coll. (1998), Huysmans M.C. et coll. (1998), Huysmans M.C. et coll. 1996, Lussi A. et coll. (1999), Schneiderman A. et coll. (1997), répondent favorablement à la majorité des critères d'excellence.

5.2 Analyse des revues de synthèse

Les références correspondant à ce type d'article sont : 6, 16, 64.

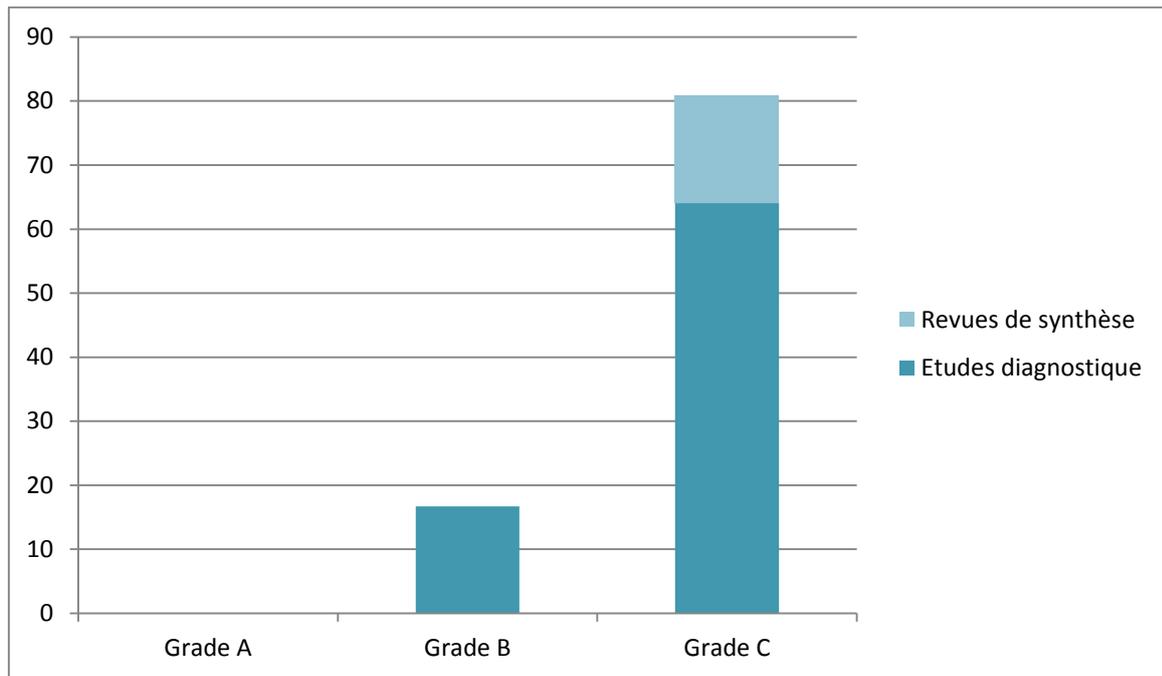
	Totalement	Partiellement	Pas du tout
1. Les objectifs de la revue de synthèse sont clairement exposés	6, 16, 64		
2. Méthodologie			
<i>2.1. Procédures de sélection</i>			
– L'auteur décrit ses sources de données	6, 16, 64		
– Les critères de sélection des études sont pertinents	6, 16, 64		
– Les critères d'inclusion et d'exclusion des articles sont décrits	6, 64	16	
– Les études non publiées sont prises en compte			6, 16, 64

<p><i>2.2. Méthode d'analyse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Les modalités de la lecture critique sont précisées (lecteurs, grille de lecture...) – L'auteur présente la méthode utilisée pour réaliser la synthèse des résultats 		6	6, 16, 64 16, 64
<p>3. Résultats</p> <ul style="list-style-type: none"> – L'auteur décrit les résultats – L'auteur commente la validité des études choisies – Ses conclusions s'appuient sur des données fiables dont les sources sont citées 	6, 16, 64 6, 16, 64 6, 16, 64		
<p>4. Applicabilité clinique</p> <ul style="list-style-type: none"> – La revue de synthèse permet de répondre en pratique à la question posée 	64	6, 16	

Tableau n°9 : Critères d'analyse des revues de synthèse. D'après ANAES (2000)

Vaarkamp J. et coll. (2000) répondent au mieux aux critères d'analyse ce qui montre la qualité de cet article.

Les résultats de l'analyse nous montrent que seulement deux articles sont de grade B, l'un est un article de **Hintze H. et coll. (1998)** sur la fiabilité de l'examen visuel, du FOTI et de la radiographie bite-wing dans le diagnostic des lésions carieuses et l'autre un article de **Alammari M.R. et coll. (2013)** sur la détection des caries occlusales grâce au QLF. Le reste des études a un plus faible niveau de preuve et elles sont de grade C. L'histogramme reprend la répartition des différents articles cités dans cette thèse.



Histogramme n°1 : répartition des différents articles selon leur force de recommandation.

Le manque d'étude *in vivo* donne un faible niveau de preuve à nos conclusions.

Des études cliniques avec un niveau de preuve plus élevé devront être réalisées afin de valider les résultats des études diagnostiques réalisées *in vitro*.

Conclusion

A l'heure actuelle notre exercice adopte de plus en plus une démarche thérapeutique conservatrice, axée sur la prévention et la prophylaxie.

L'apparition des nouvelles classifications carieuses et de la microdentisterie ont permis de développer des gradients thérapeutiques qui permettent d'adapter la prise en charge en fonction du degré d'atteinte tissulaire.

Le développement de techniques de détection des caries précoces est devenu une préoccupation majeure.

Ces nouveaux outils permettent de détecter des caries à un stade où la lésion est encore réversible (stade 0 à 1) et donc permet au praticien de pratiquer une thérapeutique non invasive.

L'ensemble des études montre l'efficacité des différents outils s'ils sont utilisés à bon escient, avec des valeurs de sensibilité et de spécificité qui permettent d'éviter des sur-traitements. Afin d'améliorer le diagnostic, il est possible d'associer plusieurs de ces techniques comme par exemple un examen visuel associé au Diagnodent.

Ces nouveaux outils répondent aux besoins actuels du praticien pour détecter au plus tôt les lésions carieuses amélares débutantes et s'inscrivent dans une démarche prophylactique.

En effet, ils pourraient être utilisés lors des bilans buccodentaires mis en place par l'assurance maladie pour la prévention.

BIBLIOGRAPHIE

1- Alammari M.R., Smith PW., De Josselin de Jong, Higham SM.

Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a tool for early occlusal dental **caries detection and** supporting decision making in vivo.

J Dent 2013; 41(2):127-132.

2- Attrill DC., Ashley PF.

Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods.

Br Dent J 2001; 190(8):440-3.

3- Badet C., Richard B.

Etude Clinique de la carie.

Encycl Med Chir (Paris), odontologie, 28-260-M-10,2008.

4- Berkowitz Robert J.

Causes, traitement et prévention de la carie de la petite enfance : perspective microbiologique.

J Can Dent Assoc 2003, 69(5):304-307.

5- Black GV.

A work on operative dentistry the technical procedures in filling teeth.

Woodstock: Medico-dental Publishing Company, 1904.

6- Bullock L., C. Hong, D. Jhun, S. Kirshenblatt, M. Kowsari et C. Picardo.

Diagnostic threshold for the treatment of proximal caries by bitewing radiography: An evidence-based study of the Literature. University of Toronto.

Community Dent 2009:1-5.

7- Bruce P.G., Lisowska-Oleksiak A., Los P. et Vincent CA.

Electrochemical impedance spectroscopy at an ultramicroelectrode.

J Elect Che 1994; 367:279-283.

8- Chalas S., Bouamara R., Abdallaoui F.

Diagnostic méthodes of initial carious lesions.

Rev Odontostomatol 2004 ; 33:297-310.

9- Charland, Voyer, Cudzinowski.

La carie dentaire étiopathogénie, épidémiologie, diagnostic et traitements : encore beaucoup à découvrir.

J Dent Que 2001; 38:409-419.

10- Cohen J.

A coefficient of agreement for nominal scales.

Educ Psychol Meas 1960; 20:27-46.

11- Da Silva Neto J. M., R. L. dos Santos, C.M.C. Sampaio, F. C. Sampaio, et I. Albuquerque Passos.

Radiographic diagnosis of incipient proximal caries: an ex-vivo study.
Braz Dent J 2008; 19(2):97-102.

12- Daudibertières. L., Etienne. G., Barthe.M, Cattoen, M.

Imagerie de la lésion carieuse : traitement et analyse.
Rev Odontostomatol 1993; 22(1):9-21.

13- Diniz.M.B, Rodrigues.J.A, Lussi.A.

Traditional and Novel Caries Detection Methods Ming-yu Li.
Contemp Approach Dent Caries 2012:105-124.

14- Doméjean-Orliaguet S., et al.

Minimum Intervention Treatment Plan (Mitp) - practical implementation in general dental practice.
J Minim Interv Dent 2009; 2:103-23.

15- Domejean S., Bourgeois D. et Tubert-Jeannin.

Traduction française du document : appendix-manual criteria –international caries detection and assessment system 2008.

16- Dove S. B.

Radiographic diagnosis of dental caries.
J Dent Educ 2001; 65 (10):985.

17- Eggertsson H., Analoui M., Vander Veen M.H., Gonzalez-Cabezas C., Eckert G.J., Stoo-Keyg.K.

Detection of early interproximal caries in vitro using laser fluorescence, dye enhanced laser fluorescence and direct visual examination.
Caries Res 1999; 33(3):227-233.

18- El-Housseiny A.A., Jamjoum H.

Evaluation of visual, explorer and a laser device for detection of early occlusal caries.
J. Clin. Pediatr Dent 2001; 26(1):41–48.

19- Emami Z., S. al Khateeb, D.J. de Josselin, F. Sundstrom, K. Trollsas, et B. Angmar-Mansson.

Mineral loss in incipient caries lesions quantified with laser fluorescence and longitudinal microradiography. A methodologic study.
Acta Odontol Scand 1996; 54(1):8-13.

20- Farge P.

Prospectives en cariologie.
Réal Clin 2000; 11(1):9-18.

21- Fejerskov O. et Kidd E.

Dental caries: the disease and its clinical management.
Copenhagen: Blackwell Munksgaard, 2003.

22- Guimerà A., Calderón E., Los P. et Christie AM.

Method and device for bio-impedance measurement with hard-tissue applications.
Phys Meas 2008; 29:279.

23- Haute Autorité de Santé

Stratégies de prévention de la carie dentaire 2010.

24- Heinrich R., W. Kunzel, et H. Tawfiq.

The diagnosis of approximal caries a comparison of clinical, fiber optic and x-ray diagnostic procedures.
Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl 1991; 79(7):535-42.

25- Hennequin M.

Dynamique du processus carieux initial.
Réal Clin 1999; 10(4):483-501.

26- Hennequin M, Lasfargues JJ.

La démarche diagnostique en cariologie.
Réal Clin 1999; 10(4):515-539.

27- Hibst R., Paulus R., Lussi A.

Detection of occlusal caries by laser fluorescence. Basic and clinical investigations.
Med Laser Appl 2001, 16:205-213.

28- Hintze H. ; Wenzel A. ; Danielsen, B. ; Nyvad B.

Reliability of visual examination, fibre optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproductibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of carious lesions in contacting approximal surfaces.
Caries Res 1998; 32(3):204-209.

29- Huysmans M.CH., Longbottom CH., Pitts N.B.

Electrical methods in occlusal caries diagnosis: an in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography.
Caries Res 1998; 32(5):324-329.

30- Huysmans M.C., C. Longbottom, N.B. Pitts, P. Los, et P.G. Bruce.

Impedance spectroscopy of teeth with and without approximal caries lesions-an in vitro study.
J Dent Res 1996; 75 (11):1871-1878.

31- International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problem.

WHO.2003 10th revision.
http://www3.who.int/icd/vol11htm_2003/fr-icd.htm

32- Ismail A.I., et al.

The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for

measuring dental caries.
Community Dent Oral Epidemiol 2007; 35(3):170-8.

33-Kaquelier J-C et Le May O.

Anatomie pathologique bucco-dentaire.
Paris : Masson, 1998 :41-58.

34- Karlsson L.,Maia AMA .,Kyotoku BBC.,Tranaeus S.,Gomes ASLet Margulis W.

Near-infrared transillumination of teeth: measurement of a system performance.
J Bio Optics 2010; 15(3):036001-8.

35- Keyes PH.

Dental caries in the Syrian bamsler. The induction of rampant caries activity in albino and golden animals.
J Dent Res 1959; 38:525-533.

36- Landis J.R., Koch G.G.

The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data Biometrics
1977; 33:159-174.

37-Lasfargues JJ. et Colon P.

Odontologie conservatrice et restauratrice. Tome 1 : une approche médicale globale.
Rueil-Malmaison : Cdp, 2009 :415-480.

38-Lasfargues JJ., LouisJJ., Kaleka R.

Classifications des lésions carieuses. De Black au concept par sites et stades.
Encycl Med Chir (Paris), odontologie, 23-069-A-10, 2006, medecine buccale, 28-260-G-10, 2008.

39-Le Dermat D.,Legras A.,Pelleriny.

Pour de nouvelles images radiologiques : nouveaux capteurs ou films conventionnels ?
Inf Dent 1994; 19-20:1691-1706.

40- Loesche WJ.

The specific plaque hypothesis and the antimicrobial treatment of periodontal disease.
Dent Update 1992; 19(2):68-74.

41- Longbottom C., et M.C.D.N.J.M. Huysmans

Electrical measurements for use in caries clinical trials.
J Dent Res 2004; 83 (Spec No C): C76-79.

42- Lupi-Pégurier L., Bourgeois D., Muller-Bella M.

Epidémiologie de la carie.
Encycl Med Chir (Paris), odontology, 28-260-D-10, 2008.

43- Lussi A.

Comparison of different method for the diagnosis of fissure caries without cavitation.
Caries Res 1993; 27(5):409-41

44- Lussi A., et M. Schaffner.

Diagnostic et traitement de la carie.
Forum Med Suisse 2002; 8:166-170.

45- Lussi A., Imwinkelried S., Pitts NB.

Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro.
Caries Res 1999; 33(4):261-266

46- Markowitz K., Rosenfeld D., Peikes D., Guzy G., Rosivack G.

Effect of pit and fissure sealants on caries detection by a fluorescent camera system.
J Dent 2013; 73:1-10.

47- Marsh PD.

Dental plaque as a microbial biofilm.
Caries Res 2004 ; 38(3):204-211.

48- Mouton C. et Robert JC.

Bactériologie bucco-dentaire.
Paris Masson, 1994.

49- Peers A., F.J. Hill, C.M. Mitropoulos, et P.J. Holloway

Validity and reproducibility of clinical examination, fibre-optic transillumination, and bitewing radiology for the diagnosis of small approximal carious lesions: an in vitro study.
Caries Res 1993; 27(4):307-11.

50- Pine C M, Bosch J.J.T

Dynamics of diagnostic methods for detecting small carious lesions.
Caries Res 1996; 30(6):381-388.

51- Pinelli C., Campos Serram., Monteiro Lof, Fredo L.

Validity and reproducibility of a laser fluorescence system for detecting the activity of white spot lesions on freetooth surface in vivo.
Caries Res 2002; 36(1):19-24.

52- Pitts NB.

Diagnostic methods for caries: what is appropriate when?
J Dent 1991; 19(6):377-382.

53-Pitts N.B.

Clinical diagnosis of dental caries: a european perspective.
J Dental Educ 2001; 65(16):972-978.

54- Pitts NB., Fejerskov O., Derfehr FR.

Caries epidemiology with special emphasis on diagnostic standards.
Dent Caries 2003:63-141.

55-Pretty, I.A.

Caries detection and diagnosis: Novel technologies.
J Dent 2006 ; 34(10):727-739.

56-Séguier S. et Le May.

Histopathologie de la lésion carieuse de l'émail et de la dentine.
Encycl Med Chir (Paris),odontologie; 23-010-C-10, 2002

57-Schneiderman A.,Elbaum M., Schultz M.,Keem M., Greene Baum M., Driller J.

Assessment of dental caries with digital fiber-optic-trans-illumination(DIFOTI):in vitro study.
Caries Res 1997; 31(2):103-110.

58- Stephan RM.

Effect of different types of human foods on dental feath in experimental animals.
J Dent Res 1966; 45:1551-1561.

59- Stookey G.K.

Optical Methods-Quantitative Light Fluorescence.
J Dent Res 2004; 83(suppl 1): C84-C88.

60-Tam et Mc Comb.

Diagnosis of Occlusal Caries: Part II. Recent Diagnostic Technologies.
J Can Dent Assoc 2001; 67(8):459-463

61-Terrer E., S. Koubi, A. Dionne, G. Weisrock, C. Sarraquigne, A. Mazuir et H. Tassery.

A New Concept in Restorative Dentistry: Light-Induced Fluorescence
Evaluator for Diagnosis and Treatment: Part 1–Diagnosis and Treatment of Initial
Occlusal Caries.
J Contemp Dent Pract 2009; 10:86-94.

62- Theilade E.

The non-specific theory in microbial etiology of inflammatory periodontal disease.
J Clin Periodontol 1986; 13(10):905-911.

63-Turpin Y-L., Vulcain J-M., Le Menn A.

Classification topographique des pertes de substance dentaire, des préparations et des
restaurations.
Encycl Med Chir (Paris), odontologie; 23-069-A-10, 1996

64-Vaarkamp J.,Ten Bosh JJ.,Verdonshot EH.,Bronkhorst EM.

The real performance of bitewing radiography and fiber-optic transillumination in approximal
caries diagnosis.
J Dent Res 2000; 79(10):1747-51.

65-Wu J., Z.R. Donly, K.J. Donly et S. Hackmyer.

Deminerization depth using QLF and a novel image processing software.
Int J Dent 2010; 2010:958264.

Schéma :

- Schéma n°1 : Keyes (1962) modifié par Koning en 1987.
- Schéma n°2 : Mécanisme cariogène. Charland (2001)
- Schéma n°3 : Iceberg de Pitts (1997)
- Schéma n°4 : Arbre décisionnel pour le codage des lésions carieuses coronaires primaires. Ismail A.I et al (2007).
- Schéma n° 5 : Diagramme de Nyquist. Bruce et al. (1994)

Tableau :

- Tableau n° 1 : Classification des lésions carieuses de Mount et Hume (1997).
- Tableau n°2 : Recommandation ANDEM (1996).
- Tableau n°3: Degré d'accord et valeur de Kappa Landis et Koch (1977).
- Tableau n° 4 Sensibilité et spécificité des différents outils de diagnostics.
- Tableau n°5: Sensibilité et spécificité de la radiographie rétrocronaire selon le niveau lésionnel. Dove (2001).
- Tableau n°6 : Niveau de preuve scientifique de la littérature et force des recommandations (adapté du score de Sackett). Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations, ANAES (2000)
- Tableau n°7 : Références bibliographiques
- Tableau n°8 : critère d'analyse des articles diagnostiques. D'après l'ANAES (2000)
- Tableau n°9 : critères d'analyse des revues de synthèse. D'après ANAES(2000)

Photographie :

-Photographie n°1: Microlux

-Photographie n°2 : DIFOTI

-Photographie n°3:CariScan pro®(2008)

-Photographie n°4: Inspektor pro®

-Photographie n°5: Soprolife®

-Photographie n°6: Soprolife® fluorescence dent saine /dent infectée

-Photographie n°7: DIAGNODENT® (1998)

Histogramme :

-Histogramme n° 1: répartition des différents articles selon leur force de recommandation

KONATE (Anaïs). Les différents moyens diagnostiques de détection des lésions carieuses. -60 f ; 1 graph. ; 7 ill. ; 9 tabl. ; 65 ref. ; 30 cm. (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2014)

RESUME

Les maladies bucco-dentaires posent des problèmes de santé publique majeurs, la carie étant classée comme le troisième fléau mondial. Son diagnostic précoce est devenu une préoccupation majeure. C'est pour cette raison que de nouveaux outils sont apparus sur le marché afin d'en améliorer la détection. Ces outils s'intègrent dans un schéma de soin de moins en moins invasif et préventif. Dans ce travail, après quelques rappels sur la carie et ses classifications, nous évaluerons la pertinence et la performance de ces nouveaux outils dans la détection des lésions carieuses précoces.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE

MOTS CLES MESH

Caries dentaires / Dental caries

Diagnostic / Diagnosis

Classification / Classification

Fluorescence / Fluorescence

Transillumination / Transillumination

JURY

Président : Professeur PEREZ F.

Directeur : Docteur CASTELOT-ENKEL B.

Assesseur : Docteur RICHARD C.

Assesseur : Docteur ROLOT M.

ADRESSE DE L'AUTEUR :

77 rue de la tranquillité - 85330 NOIRMOUTIER