

Les outils diagnostiques modernes : mieux voir, mieux comprendre, mieux faire

Hervé TASSERY

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille Université
LBN UR UM104, Université de Montpellier

Jérémy TERRER

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille Université

Gérard ABOUDHARAM

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille-Université

Thomas BAUDINET

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille-Université

Amel SLIMANI

Faculté d'Odontologie
Département Odontologie conservatrice-Endodontie
LBN UR UM104, Université de Montpellier

Élodie TERRER

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille Université

Benoît BALESTER

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille Université

Bruno JACQUOT

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille Université

VIRGINIE PILLIOL

École de Médecine Dentaire de Marseille
Département OC-Endo, Aix-Marseille Université

La prise en charge contemporaine des lésions carieuses impose des traitements mini-invasifs basés sur une compréhension plus holistique du processus carieux ; le défi clinique du diagnostic concerne la détection la plus précoce possible des lésions carieuses. Les critères d'évaluation impliquent les capacités cliniques de l'outil affectant les seuils d'intervention entre non invasive, micro-invasive et invasive.

Tableau 1. Augmentation de l'acuité visuelle par les aides optiques

Grossissement	Pouvoir de résolution de l'œil (µm)
Aucun	150-200
X2	100
X4	50
X24	8,3

Tableau 2. Poudres de prophylaxie disponibles, dureté et indications cliniques

Poudres (taille particule)	Dureté Mohs	Non invasive	Micro-invasive	Invasive	Biofilm épais	Biofilm mou
Glycine (+/- 65 µm)	< 2	+	+/- lésion amélaire active	-	+/-	+
Érythritol (+/- 14 µm)	< -2,5	++	+/- lésion amélaire active	-	+/-	++
Bicarbonate de sodium (+/-74 µm)	2,5	-	+	+ lésion amélaire active	+	+
Carbonate de calcium (Prophypearls™, KaVo) (+/- 45 µm)	3	-	+	+ lésion amélaire active	+	+
Phosphosilicate de calcium sodium (Sylc™, OSsray) (+/- 50 µm)	> 6	-	-	+++	+ risque de cavitation iatrogène	+ risque de cavitation iatrogène
Émail / Dentine	5 / 4					

Phosphosilicate de calcium sodium (Sylc™, OSsray) (+/- 50 µm)

Un dispositif de détection de lésion carieuse devrait, au minimum, être capable de renseigner sur [1, 2] :

- la présence d'une lésion cavitaire initiale ;
- l'activité carieuse,
- l'accessibilité: la lésion est-elle nettoyable et accessible aux traitements *a minima*?

En complément, il convient de se pencher sur :

- la pertinence clinique en pratique quotidienne : aides pré-per-post opératoires ;
- les possibilités d'enregistrer des images et des vidéos : pour l'analyse secondaire ;
- les niveaux de grossissement variables en fonction des besoins cliniques ;
- la détection des biomarqueurs photoniques (fluorescence, infrarouge...) combinés aux grossissements variables ;
- les possibilités de diagnostic des lésions carieuses secondaires.

Car la détection visuelle ne suffit pas.

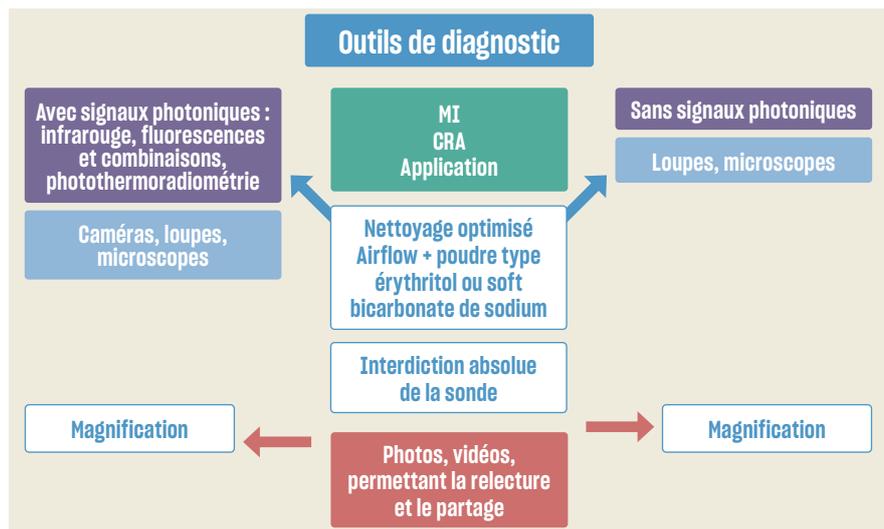
Limites de la détection des lésions carieuses à l'œil nu

La détection visuelle à l'œil nu est la méthode la plus couramment utilisée pour le diagnostic en cariologie. Sur les molaires, la profondeur moyenne d'un

sillon occlusal varie de 120 à 1050 µm pour une largeur de 40 et 150 µm. L'acuité visuelle normale de l'œil et des récepteurs rétiniens suggère qu'à une distance moyenne de travail de 40 cm, la plupart des sillons ne sont pas détectables visuellement (**tableau 1**). Moins de 3 % des chirurgiens-dentistes généralistes combinent l'inspection visuelle, la radiographie et l'usage d'aides visuelles lors du diagnostic, tous sites confondus. En complément, la fluorescence et les autres biomarqueurs photoniques fournissent des informations indispensables.

Étape préliminaire : le nettoyage prophylactique professionnel [3]

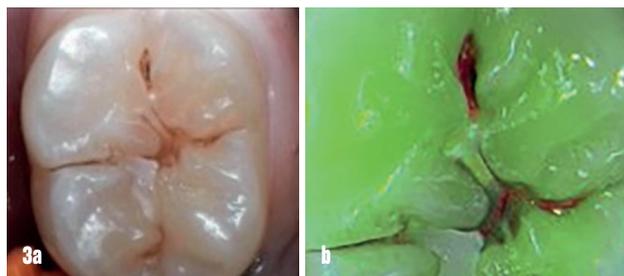
Le diagnostic impose que les parties les plus profondes du sillon soient clairement nettoyées et visibles. L'utilisation d'une sonde à bout tranchant est strictement prohibée. Le nettoyage des surfaces occlusales et proximales se fait à l'aide d'un système « air flow » utilisant une combinaison de poudres de dureté adaptée permettant de nettoyer en profondeur le sillon sans effets iatrogènes majeurs (**tableau 2**). L'utilisation de révélateurs de plaque spécifiques comme le Triplaque® (GC), le biofilm Discolser® (EMS) ou d'autres fluorescents (fluorescine) est encouragée (**fig. 1 à 6**).



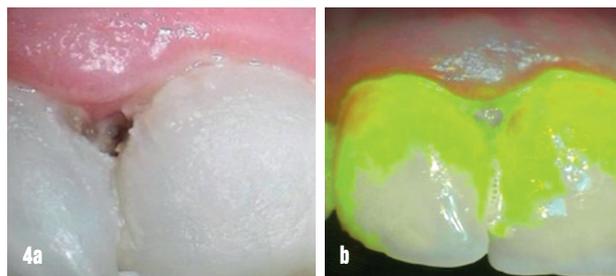
1. Classifications modernes des outils de diagnostic.
MI : Minimale Invasif ; CRA : Carie Risk Assessment (évaluation du risque carieux).



2. Image obtenue avec une caméra Soprolife®, en mode macro et lumière du jour. Au sein de la fissure principale, on note la présence de six points d'entrée carieux différents (flèches rouges).



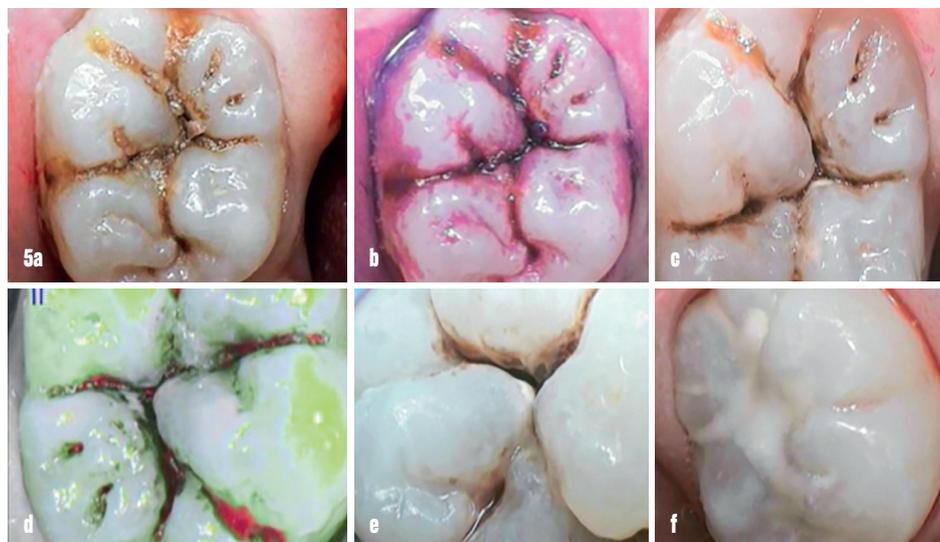
3. Image obtenue avec une caméra Soprolife® en lumière du jour (a) et en fluorescence (b) (focus macro), révélant l'activité du biofilm, en rouge.

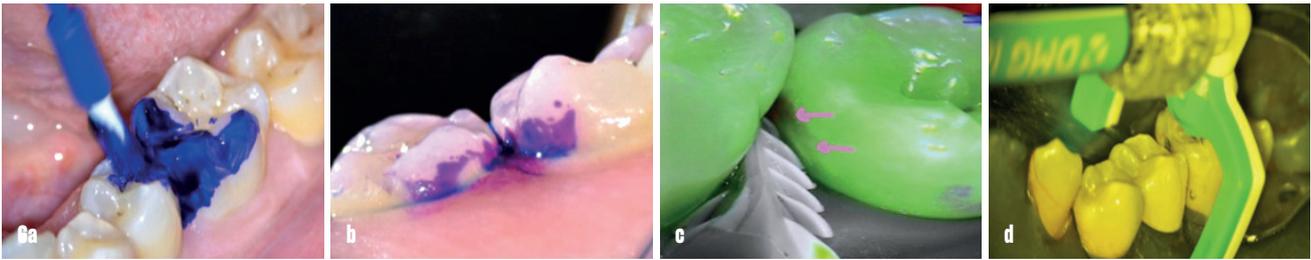


4. Plaque avant et après révélateur (vue caméra Soprocure®). a. Image du biofilm en lumière du jour : lésion cavitaire entourée d'un biofilm adhérent. b. Même vue avec le colorant fluorescéine couplé à une caméra à fluorescence (caméra Soprocure®).

5. Nettoyage d'un réseau de fissures occlusales avant scellement (image Soprolife®) [4].

- a. Vue occlusale en mode lumière du jour.
- b. Vue occlusale en mode lumière du jour + colorant (EMS).
- c. Après l'étape de nettoyage (poudre de bicarbonate de sodium).
- d. Contrôle de l'activité du biofilm et du biofilm résiduel à enlever (signal rouge).
- e. Surface occlusale après nettoyage (poudre d'érythritol).
- f. Ciment verre ionomère (CVI) haute viscosité comme sealant.





6. Biofilm proximal révélé avant l'infiltration de résine d'une lésion amélaire initiale (vue microscope et Soprolife®). a. Application de révélateur de plaque (Triplaque® ID gel, GC). b. Visualisation du biofilm récent et mature. c. Lésion non cavitaire visible en mode fluorescent (flèches roses) après nettoyage avec de la poudre érythritol. d. Traitement par infiltration de résine (Icon®, DMG).

Les loupes et microscopes

LES LOUPES

L'utilisation de loupes, associées à un éclairage LED, ne peut plus être remise en question en omnipratique [1]. Outre les grossissements classiques entre 2,5 et 3, il est maintenant possible d'avoir sur le même objectif des grossissements s'étalant de 3,5x à 6,4x (fig. 7), et il est aussi possible coupler les loupes à un signal fluorescent (405 nm) (tableau 3) pour faciliter l'observation du biofilm actif et de la dentine cariée (fig. 8).

LES MICROSCOPES

L'utilisation clinique du microscope opératoire en endodontie et en dentisterie restauratrice est recommandée par l'European Society of Endodontology (ESE) [5]. Son emploi quotidien en per et préopératoire est précieux, sans compter le bénéfice d'y associer la fluorescence comme sur le modèle Zumax® (OMS 3200) (fig. 9) ou Zeiss Extaro® 300.



7. Loupes avec grossissement de 3,6X à 6,4X (ExamVision).

Tableau 3. Longueurs d'onde d'excitation des outils de diagnostic

Outils	Longueur d'onde (nm)
VistaCam® /Loupe fluorescente/Microscope	405
Soprolife® Soprocare®	450/480
Diagnocam® HD	780
Qraycam®	290-405

Détection basée sur la fluorescence (hors loupes et microscopes) [7, 8]

Les méthodes de détection des lésions carieuses avec signaux photoniques fluorescents se basent sur l'auto-fluorescence naturelle des tissus durs dentaires et ne nécessitent aucun marquage ni coloration du tissu. Les longueurs d'onde d'excitations varient de 290 à 680 nm et le signal émis par les tissus éclairés dépend de la loi de Stokes.

COMBINAISON CAMÉRA ET FLUORESCENCE

Fluorescence quantitative induite (QLF®)

Cette caméra intra-orale utilise une lampe halogène émettant de la lumière bleue et capture des images analysées à l'aide du logiciel Inspektor Pro®.

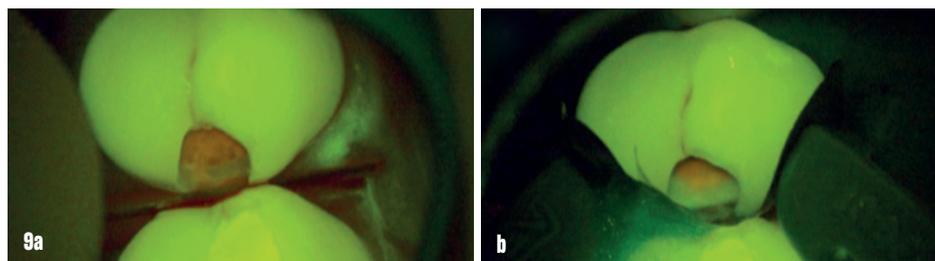


8. Loupes à fluorescence (Designs for vision). Ces loupes sont couplées au concept clinique Reveal-Fluorescence Enhanced Theraagnosis [4].

9. Images au microscope à fluorescence.

a. Fluorescence rouge de la dentine avant excavation.

b. Réduction de la fluorescence rouge après excavation sélective (Peripheral Seal Concept) [6].

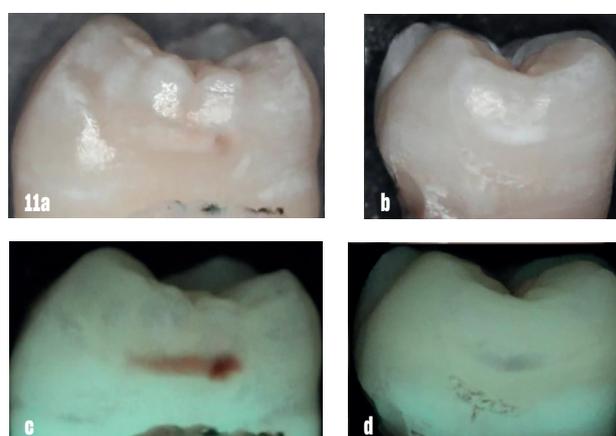


10. Caméra Qraycam®.



12a. Caméra Soprolife®.

b. Caméra Soprocare®.



11. Images obtenues avec la caméra QRaycam®.

a, b. Images de lésions initiales en lumière du jour.

c, d. Images en fluorescence des mêmes lésions (copyright David Manton).

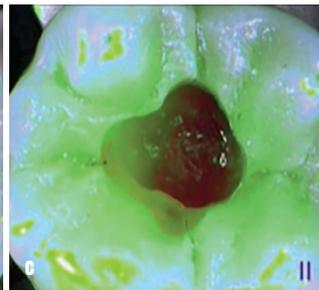
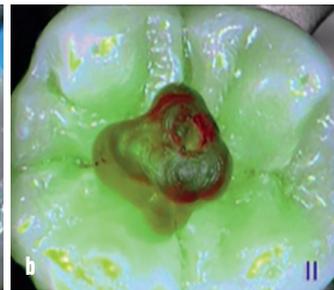
Cette technologie est maintenant utilisée dans les dispositifs Qraycam® et Qraypen® (Aiobio) à usage clinique (fig. 10).

Cette technologie détecte la teneur en minéraux de l'émail en fonction des changements de fluorescence dans l'émail carieux et sain et l'activité bactérienne via la détection de porphyrine. La nouveauté de ce système réside dans le logiciel sur mesure (QA2 version 1.24, Inspektor Research SystemsBV, Amsterdam) qui permettrait de mesurer la variation de la fluorescence sur les surfaces d'émail reflétant les changements de densité minérale (fig. 11).

Caméras Soprolife® et Soprocare®

Ces deux caméras intra-orales (Acteon) (fig. 12) ont au minimum 2 types de lumières par LED – visible et bleue (450 nm et plus) – permettant la capture d'images en lumière du jour, en mode fluorescent et en mode paro pour la Soprocare®. Une bague de réglage modifie le focus et les prises d'images et vidéos se réalisent par bouton tactile ou pédalier. Une nouvelle version, la caméra C50, haute définition avec auto-focus et 4 modes de prise d'image, est en cours d'évaluation.

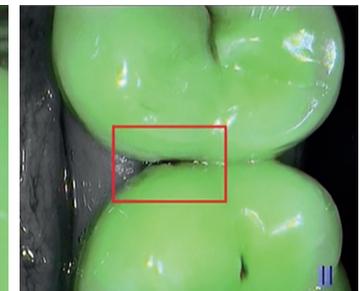
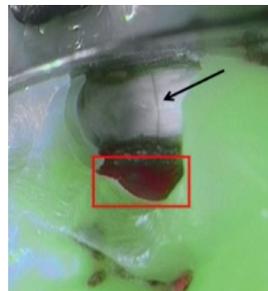
Ces deux caméras révèlent, en nuance de rouge et de manière spécifique, les produits de la réaction de Maillard ou AGEs (glycolysation non enzymatique) et les applications cliniques des images sont basées sur le concept LIFEDT (Light-Induced Fluorescence Evaluator for Diagnosis and Treatment). La caméra Soprolife® révèle l'autofluorescence des tissus dentaires sous la forme d'une image vert acide pour les tissus sains, gris foncé pour la dentine infectée totalement dégradée, rouge vif pour la lésion carieuse active, gris/vert avec des ombres rouges pour la dentine avec aspect cuir et rouge foncé pour la lésion carieuse arrêtée [9, 10].



13a. Lésion dentinaire active (Soprolife®, mode lumière du jour).
b. Image similaire en fluorescence (lésion dentinaire active fluorescente rouge, Soprolife®-mode II).
c. Vue similaire en fluorescence après excavation sélective des tissus (marges propres et dentine affectée résiduelle rouge, Soprolife® - mode II).



14a. Vue occlusale de la lésion carieuse, score ICDAS 5 (mode Lumière du jour).
b. Vue similaire : lésion active (fluorescence rouge).



15. Fissure de la bordure amélaire (flèche noire, images Soprolife®).
a. Dentine carieuse active (autofluorescence rouge - rectangle rouge).
b. Point d'entrée de la lésion carieuse sous la crête marginale (rectangle rouge).



16. Dentine avec aspect cuir en fluorescence après excavation [11].

Le concept LIFEDT

Ce concept clinique repose sur cinq principes (fig. 14 à 16).

1. Les niveaux de restauration s'articulent autour des techniques non invasives, micro-invasives et invasives en fonction du grossissement des images et des informations obtenues par le signal photonique fluorescent.
2. Les thérapeutiques dépendent de l'activité des lésions, de leur accessibilité et de la présence d'une cavitation, même superficielle.
3. Le nettoyage de la partie la plus profonde des sillons, sans endommager l'émail résiduel, est obligatoire pour parfaire le diagnostic.

Tableau 4. Pertinences cliniques des caméras à fluorescence

Outils	Qraycam®	Soprolife®/ SoproCare®	Commentaires
Cavitation Occlusale Proximale	Oui Non	Oui Oui, si usage d'écarteurs	La qualité des images peut varier d'un système à l'autre
Activité	Oui	Oui*	*Dentine rouge si active et vert noire foncée si dentine irréversiblement dégradée
Nettoyabilité	Non	Oui*	Facilité de manipulation
Image/vidéo	Oui*	Oui /vidéo	*Pas d'information sur le grossissement
Magnification	Oui*	Oui (jusqu'à x 25)	*Pas d'information sur le grossissement
Aide per-opérateur	Non*	Oui**	*En pré-opérateur ** Toutes les étapes du soin



17. DIAGNOcam® HD.



19. Caméra VistaCam iX HD®. Elle permet d'avoir les modes Lumière du jour, Fluorescence et Transillumination en même temps.

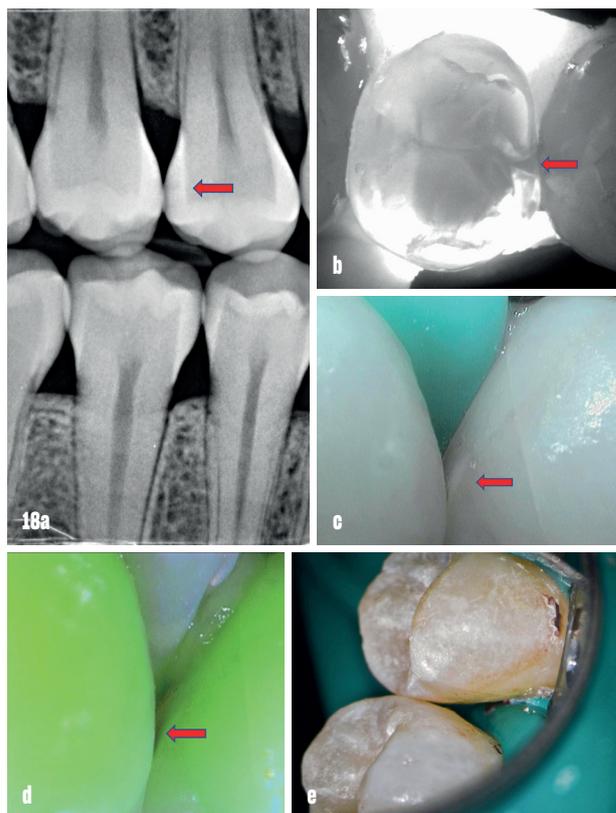
4. Les variations de fluorescence aident à évaluer l'activité des lésions carieuses et sont une aide pour l'excavation sélective (fig. 13, 16).

5. Les outils de préparation doivent être plus petits que la largeur de la cavité. Dans le cas contraire, on privilégiera la pose d'un sealant.

LES SYSTÈMES MIXTES COMBINANT TRANSILLUMINATION ET FLUORESCENCE

DIAGNOcam® HD

La transillumination optique se fait soit par fibre, mais reste limitée par l'acuité visuelle, soit par une excitation lumineuse proche de l'infrarouge, couplée à une caméra HD (longueur d'onde 780 nm; DIAGNOcam® HD, KaVo) (fig. 17) qui permet de capturer des images en temps réel dans les trois modes (Lumière du jour, Transillumination et Fluorescence). Cet appareil est conçu pour la détection des lésions proximales et



18. Lésion détectable grâce à la combinaison DiagnoCam® HD et Soprolife®. a. Image bitewing. b. Cône carieux amélaire visible par transillumination (flèche rouge). c, d. Image en lumière du jour et fluorescente. e. Application de fluorure de diammine d'argent, Riva Star® (SDI).

occlusales et complète celle obtenue avec la caméra Soprolife® (fig. 18). Un logiciel permet d'enregistrer les images et de choisir entre les trois modes de prise d'images ou les trois modes d'une seule prise. Les praticiens doivent en revanche corréliser le volume carieux observé avec le pourcentage de risque de cavitation et les besoins en traitement à l'aide d'un tableau.

VistaCam iX HD Smart®

La VistaCam® iX HD Smart (Dürr Dental) (fig. 19) est une caméra intra-orale avec des têtes interchangeables pour la fluorescence (405 nm) et l'infrarouge en transillumination. Elle est munie d'un capteur CMOS High performance et le logiciel (DBSWIN) quantifie les composants vert et rouge de la lumière réfléchiée sur une échelle de 0 à 3 sous forme de rapport rouge à vert, montrant les zones avec un rapport plus élevé, indiquant la présence de tissu carieux.

La caméra est placée sur la dent et le logiciel révèle les scores: 0-1 : émail sain ; 1-1,5 : déminéralisation initiale de l'émail; 1,5-2 : lésion amélaire profonde; 2-2,5 : lésion carieuse dentinaire; > 2,3 : lésion carieuse profonde dentinaire.

Conclusion

Ces nouveaux outils combinés apportent une aide incomparable au diagnostic précoce et, pour certains, sont aussi utilisables à tous les stades des restaurations, qu'elles soient non invasives, micro-invasives ou invasives.

HERVE.TASSERY@GMAIL.COM

LES AUTEURS DÉCLARENT NE PAS AVOIR DE LIEN D'INTÉRÊT.



POINTS ESSENTIELS

- L'accessibilité aux lésions est déterminante.
- La combinaison des outils de diagnostic est essentielle.
- Les signaux photoniques les plus utilisés sont la fluorescence et l'infrarouge.

Tableau 5. Pertinences cliniques des loupes, microscopes et systèmes mixtes (transillumination + fluorescence)

Critères cliniques	Loupes/microscopes	VistaCamiX® smart ; New HD-DIAGNOCam®	Commentaires
Cavitation Occlusale Proximale	Oui Oui si accessible	Oui Oui si accessible	Le DIAGNOcam® HD donne aussi une information sur le volume de la lésion
Activité carieuse	Oui	Oui	Fluorescence associée aux loupes, microscopes et DIAGNOcam HD et valeurs seuil pour la VistaCam IX HD
Nettoyabilité	Oui*	Oui*	*Si partiellement accessible
Image/vidéos	Non*	Oui	*Sauf pour le microscope: images et vidéos 4K/HD/Bluetooth
Magnification	Oui	Oui (valeur inconnue)	2,8 à 24 pour le microscope
Aide opératoire	Oui	Oui*	*Réduction des prises de radio Aide précieuse pour la détection des lésions précoces

Évaluation

		VRAI	FAUX
1	L'infrarouge est surtout efficace pour les lésions occlusales		
2	Il faut souvent écarter les dents pour visualiser en fluorescence les lésions proximales		
3	La fluorescence aide à comprendre l'activité carieuse		
4	Le grossissement de l'image est prépondérant		

Réponses en ligne sur notre site : www.information-dentaire.fr

BIBLIOGRAPHIE

1. Slimani A, Terrer E, Manton DJ, Tassery H. Carious lesion detection technologies: factual clinical approaches. Br Dent J 2020; 7: 432-42.
2. Schwendicke F et al. When to intervene in the caries process? An expert Delphi consensus statement. Clin Oral Invest 2019; 23 (10): 3691-703.
3. Zeitouny M, Fayyad-Kazan H, Tassery H, Fayyad-Kazan H. In vitro influence of prophylaxis cleaning on Enamel remineralization with casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. J Oral Maxillofac Res 2020; 11 (1): e4-P.9.
4. Steier L. Reveal: Fluorescence enhanced theragnosis by designs for vision. Eur J Dent 2020; 14 (1): 186-8.
5. European Society of Endodontology (ESE) developed by: Duncan HF et al. European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. Int Endod J 2019; 52 (7): 923-34.
6. Alleman DS, Magne P. A systematic approach to deep caries removal end points: the peripheral seal concept in adhesive dentistry. Quintessence Int 2012; 43 (3): 197-208.
7. Levallois B et al. Molecular structural analysis of carious lesions using micro-Raman spectroscopy. Eur J Oral Sci 2012; 120 (5): 444-51.
8. Panayotov I et al. In vitro investigation of fluorescence of carious dentin observed with a Soprolife® camera. Clin Oral Invest 2013; 17 (3): 757-63.
9. Tassery H et al. Use of new minimum intervention dentistry technologies in caries management. Aust Dent J 2013; 58: 40-59.
10. Terrer E et al. Laboratory studies of nonlinear optical signals for caries detection. J Dent Res 2016; 95 (5): 574-9.
11. Slimani A et al. Commercially available ion releasing dental materials and cavitated carious lesions: Clinical treatment options. Materials (Basel) 2021; 14 (21): 62-72.