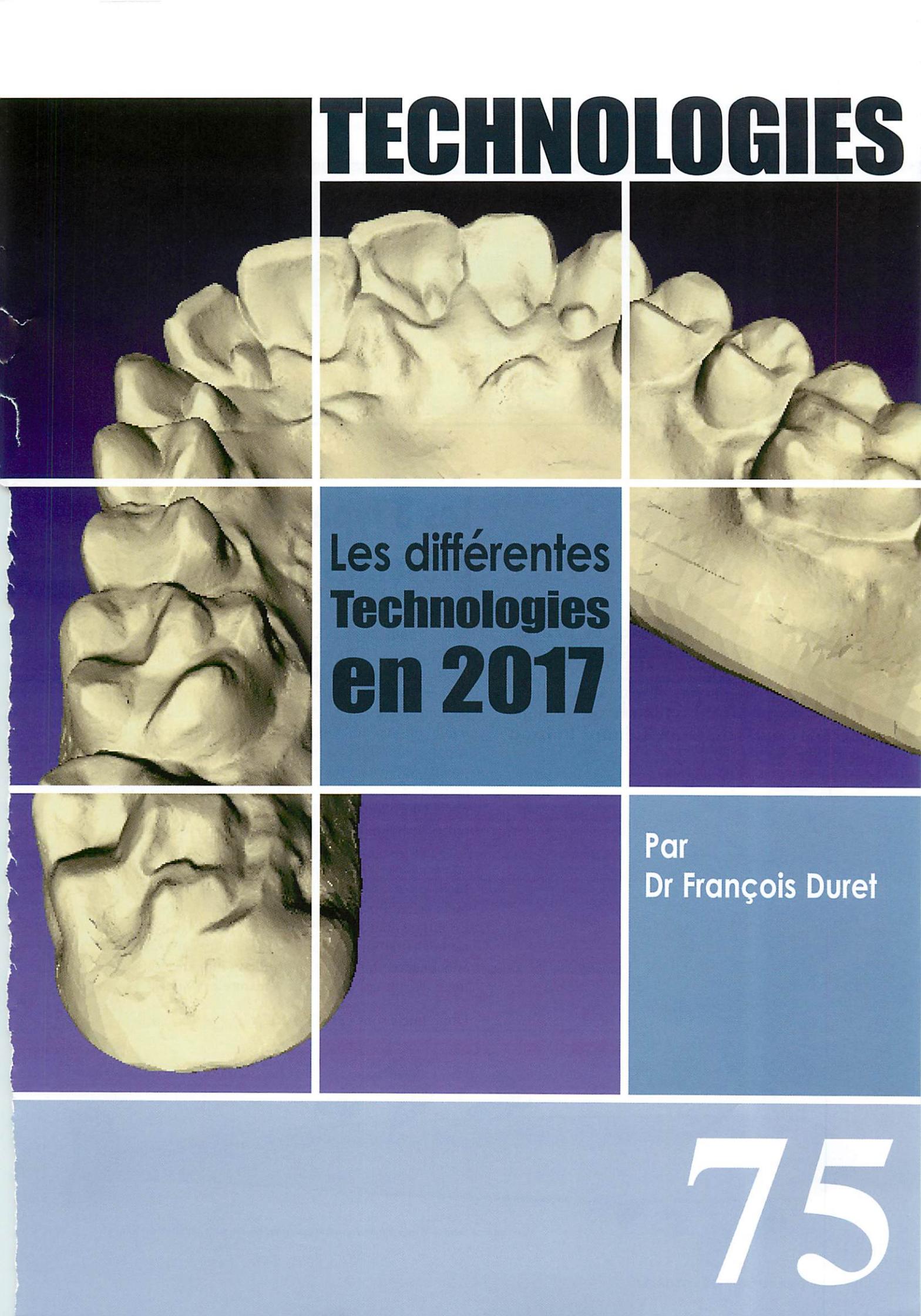


TECHNOLOGIES



Les différentes
Technologies
en 2017

Par
Dr François Duret

75

Les différentes Technologies en 2017

Les 3 types de caméras 3D présentes sur le marché

Beaucoup de choses et peu de choses ont bougé à ce niveau depuis 2011.

D'abord ce n'est pas 4 ou 5 scanners endobuccaux (IOS) qui sont sur le marché mais une vingtaine aujourd'hui, ou en passe de l'être.

Nous dirons en gros qu'il existe 3 types de scanners endobuccaux (IOS) utilisant l'empreinte optique : ceux utilisant la projection de lumière structurée (ou première génération) dans le domaine du visible que nous avons largement présentés dans notre article de 2011, ceux n'utilisant pas de lumière structurée (2ème génération apparue en 2010) et ceux utilisant d'autres moyens d'empreinte optique mettant en jeu d'autres sources de rayonnement/d'autres longueurs d'ondes hors visibles comme l'Ultra Son ou le RX ou la combinaison de différentes techniques associées (OCT + lumière structurée). Chacune a ses avantages et ses inconvénients. Nous allons essayer de vous les présenter succinctement. Bien sûr, il existe aussi, comme dans tout développement scientifique, des maillons intermédiaires. En 2011 c'était le LAVA 3M. Aujourd'hui ce serait plutôt le DentalWings (figure 1) développé par l'Allemand Steinbichler Opt. qui projette de la lumière non structurée, créant une espèce de « texture optique ».

Donc quels sont ces IOS 2017 :

fig 1



Le système Dental Wings à lumière non-structurée génère une « texture optique »

1. Les caméras 3D 1^{ère} génération

● A) ...Triangulation en lumière structurée

Ce sont de loin les plus nombreuses. Elles ont été introduites par le système Hennson à la Faculté de Garancière en 1983, en utilisant la projection d'une grille moirée.

Le descriptif de la technologie détaillé se trouve dans la reproduction en pages précédentes de l'article de 2011. Le principe reste simple et fut la base de l'holographie de Denis Gabor : l'optique interférentielle avec repérage par triangulation (Carestream 3500 et 3600, Cerec ou Planmeca/Emerald) par simple shoot (Carestream 3500, Itero) ou en séquence vidéo (Carestream 3600, Cerec, Planmeca ou 3Shape) .

On projette sur la dent une grille de lumière, ou trame régulière connue, elle se déforme sur la dent et par comparaison entre la grille déformée et la non déformée, on

en déduit la forme de l'objet. Cette déformation est vue sur toute la profondeur de champ (en général 20 mm) et représente les IOS par triangulation. Elle peut aussi être observée par « tranche » de profondeur de champ de quelques dizaines de microns. On parlera alors de système Confocal. Ce dernier a l'avantage de confondre l'axe de projection et de reprise évitant les effets d'ombre.

Bien entendu, vous aurez des variantes spécifiques à chacun de ces scanners, que ce soit le Cerec, le 3Shape ou le Carestream, mais le fond de la technologie reste le même. Les fabricants jouent sur la forme de la grille projetée, sur la longueur d'onde ou sur la profondeur de champ, essentiellement pour avoir une protection industrielle.

● B) ...focalisation/défocalisation et confocal

En dehors du principe utilisé uniquement par 3M et décrit en 2011 (focalisation/défocalisation), se développe de plus en plus ce fameux principe dit « confocal », introduit par Itero en 2007. Sous la pression de 3Shape ou de Zfx, il se perfectionne année après année. Alors qu'Itero travaille en confocal « one shoot », les deux autres systèmes travaillent en séquence vidéo mais de manière légèrement différente.

Le principe confocal (ex-conoscopie), introduit par Minsky en 1957, a été largement expliqué en 2011 pour l'Itero. Ces systèmes réalisent de véritables sections optiques

en faisant varier la profondeur de champ, comme les couches d'un scanner. Nous pouvons comparer cela à des tranches d'objet que l'on remettrait les unes sur les autres pour reconstituer la forme initiale. La précision peut être redoutable puisqu'il existe même des microscopes confocaux.

Tous les scanners endobuccaux de première génération ont un point commun : la complexité de leur fabrication et la fragilité de leur mécanisme. Nous allons voir que les scanners de deuxième génération n'ont plus ce problème.

2. Les IOS 2^{ème} génération



fig 2
La caméra Condor simple et légère.



fig 3
Dessous de la caméra.



fig 4
Vue des capteurs en gros plan.

Stéréoscopie dynamique

Ils ne sont plus basés sur le principe de la mesure de la lumière déformée ou de la variation de la profondeur de champ, mais sur celui de la stéréoscopie spatiale. Le principe est d'associer deux images vues sous des angles un peu différents (avec un maximum de recouvrement toutefois) et de les analyser comme notre cerveau, ou plutôt en informatique, comme le satellite qui est capable de construire la surface de la terre en 3D. C'est une forme de triangulation sans lumière structurée.

La différence est que l'IOS de 2^{ème} génération, plutôt que d'utiliser deux caméras, est déplacé en observant les dents comme le satellite le fait en observant la terre.

Le système ne doit donc jamais être statique. Nous sommes en pleine stéréoscopie dynamique et automatique.

Alors que le satellite trouve des points de repère stables (appelés points homologues) communs aux vues successives : des lacs, des piscines, des clochers d'église ... l'IOS doit lui aussi trouver des points communs sur les dents et c'est là que l'affaire se complique, car nous n'avons plus les repérages des points de lumière qu'offre la projection structurée sur les dents.

Par ailleurs, le fait d'être loin de la terre et de faire proportionnellement des petits mouvements est très différent que d'être proche de la dent et de faire relativement de grands mouvements.

L'affaire n'est donc pas aussi simple qu'elle n'y paraît mais elle a le grand avantage d'utiliser des systèmes pouvant être extrêmement simples, stables et solides.

La caméra n'est plus qu'un accessoire comme celle présente dans les téléphones mobiles et la lumière un simple moyen d'éclairer le fond de la bouche. Pour les softs, c'est un autre problème ... pas simple du tout. Trouver ces points homologues sur les dents a obligé à de nombreuses années de développement et de formules mathématiques complexes (plus de 6 ans). Le jeu en valait la chandelle : baisse drastique des coûts de fabrication et extrême simplicité de l'IOS. En plus de tous ces avantages, la couleur des dents n'est plus un obstacle mais une alliée. Cela a eu pour conséquence de forcer les autres caméras à reconstruire une couleur qui était impossible sur un objet mesuré avec la projection de lumière structurée. On retrouve ici les « échappées » qu'Hennson imposait à ses concurrents ... version 2015 !! Ces points homologues sont trouvés, identifiés dans la texture même de la dent : ces micro-reliefs sur les surfaces dentaires sont comme les variations de relief à la surface de la terre, points homologues de correspondance entre vues successives.

Aujourd'hui la caméra Condor, première caméra de 2^{ème} génération, y est parvenue (figures 2, 3 et 4). Ceci explique l'aspect très simple de sa constitution et la légèreté de sa tenue en main. Les concepteurs ont même été obligés de l'alourdir (elle pesait moins de 60 gr) car elle était trop légère pour avoir une bonne stabilité durant le scannage.

Tout est dans le software et dans le traitement des images. En cela elle est en plein dans la conception informatique des nouvelles générations : « le corps n'est rien, la tête tout ».

Ceci permet des upgrades continuels comme pour Windows.

3. Les systèmes hybrides



fig 5
Système à Ultra Son S-Ray.

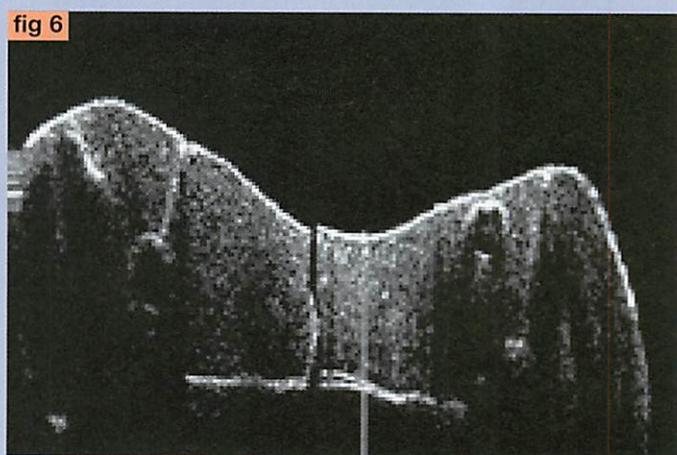


fig 6
Optique Cohérente Tomographie (IDS 2015).

Nous y trouvons les éternels Ultra Son, RX mais aussi des conceptions plus récentes comme l'OCT (Optique Cohérente Tomographie)

L'Ultra Son

Il nous a toujours fait rêver car il permet de connaître et de mesurer à la fois la surface, mais aussi la surface des tissus sous-jacents. Notre équipe s'est beaucoup investie dans cette voie dans les années 80 (brevets) car le laboratoire du professeur Dupas, sans aucun doute le plus célèbre chercheur français dans ce domaine, se trouvait à Tours, juste en-dessous de celui de mon mentor et ami, le Professeur Thouvenot .

Régulièrement, depuis des années, renaît ce genre de développement comme si c'était la première fois. Aujourd'hui il s'agit du système S-Ray (figure 5).

Tant que la couleur n'y sera pas associée, le système restera confiné à une utilisation restreinte, même si aujourd'hui la précision peut être espérée... et encore !

L'empreinte dans le domaine des RX

Elle devient de plus en plus précise et conviviale. Cela permet d'imaginer qu'il sera sans doute possible un jour de faire des empreintes optiques avec des rayons X. Cette méthode est d'ailleurs largement répandue et à juste titre dans le domaine de l'implantologie.

Il n'en reste pas moins vrai que, comme l'Ultra Son, sans son association avec l'empreinte optique dans le domaine du visible, il lui sera difficile de s'imposer, d'autant plus qu'il s'agit aujourd'hui de rayonnements ionisants ... avec du matériel coûteux ... Sans couleur ni précision.

L'OCT ou Optique Cohérente Tomographie

Celle-ci est basée sur le principe de l'interféromètre de Michelson. Elle est largement répandue aujourd'hui chez les ophtalmologistes.

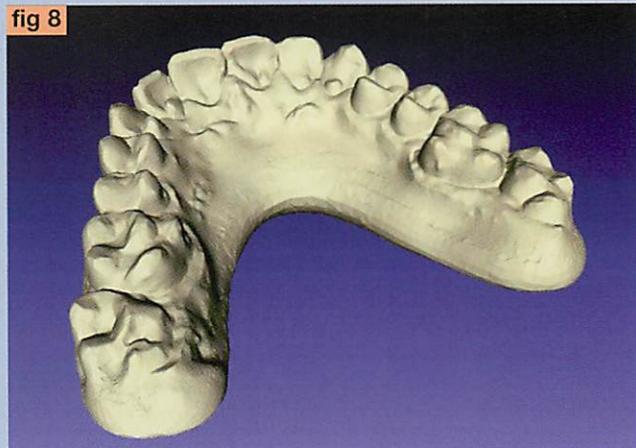
Issue des travaux de Tanno (1990), elle est apparue en dentaire pour la première fois il y a quelques années dans un abstract du JDR (J. Dent. Res.) et sous forme industrielle à l'IDS de 2015 (figure 6) . Ce type de système mérite la plus grande attention, comme nous avons pu nous en rendre compte lors d'un travail pour GC en 2001, avec l'université de Marseille, dept. Optique du Prof Lequime. Il s'agit d'une méthode intermédiaire entre la Tomographie et l'Ultra Son. Le rayonnement pénètre sur 2 mm, et se réfléchit sur les interfaces, avec une haute précision. Cela permet d'avoir de véritables sections précises « optiques » des dents et non plus sur la dent comme la technique confocale.

Sorte d'holographie moderne en temps réel, cette technique est sans doute pleine d'avenir en dentisterie. Reste à la maîtriser en bouche, ce qui est loin d'être acquis, surtout à un prix raisonnable.

D'autres remarques peuvent être faites depuis 2011



Le fichier PLY, ici en couleur réelle, peut être utile pour le diagnostic mais trompeur.



Le fichier en niveaux de gris permet un meilleur contrôle des volumes.

1 En sortie des IOS, un nouveau fichier est apparu, le PLY, donnant à l'utilisateur une information importante et complémentaire : la couleur. Si son aspect est flatteur et nécessaire pour le diagnostic ou la transmission/vérification des teintes, il peut être trompeur dans la validation de la qualité d'une empreinte optique pour un œil non exercé. Les deux fichiers sont donc nécessaires et complémentaires (figures 7 et 8).

2 À force de pression, nous avons enfin un choix réel entre les systèmes fermés (ou pseudo fermés) et les systèmes ouverts. Cette ouverture tant demandée a été possible, entre autres, grâce aux progrès des ordinateurs portables, mais aussi à la pression grandissante

de l'utilisateur ne voulant plus qu'on lui impose tel ou tel logiciel de CAO (ExoCad, Dental Wings, 3Shape ...) ou telle ou telle machine-outils en fonction du choix de son scanner intrabuccal.

Sur ce point il y a lieu d'être très vigilant : certains systèmes acceptent les fichiers et paraissent compatibles alors qu'ils ne le sont pas totalement et ... qu'ils optimisent les fichiers provenant de leurs propres IOS. Le seul système CAD largement diffusé et ne risquant pas de présenter ce défaut est Exo-CAD. Tous les autres peuvent ne pas représenter correctement les fichiers d'un autre IOS laissant croire qu'il est imprécis ou que le scannage n'a pas été fait de manière correcte.

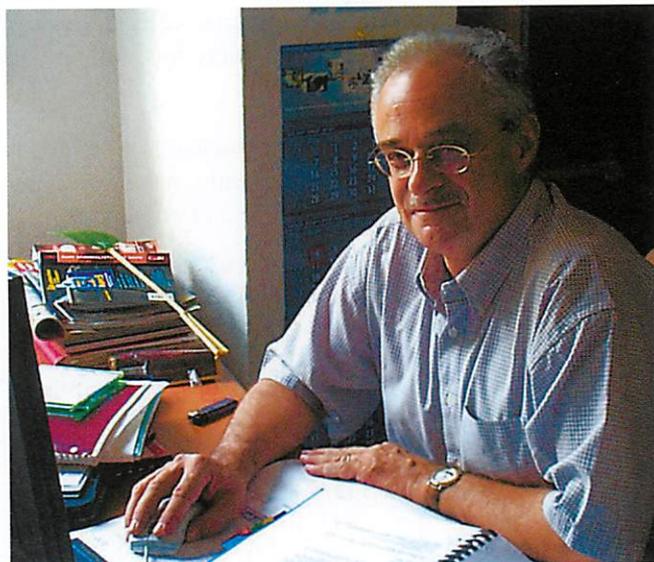
Conclusion

Voilà un monde bien merveilleux qu'il reste à faire rentrer dans les cabinets dentaires, mais ceci est une autre affaire.

Si les prothésistes ont compris tout de suite l'avantage de la numérisation, les dentistes restent plus frileux. Il faut dire que de scanner en bouche est plus difficile que de scanner un modèle avec un système automatique.

Mais l'IOS poursuit son chemin, et comme une main bien entraînée peut aujourd'hui scanner une arcade complète en moins de deux minutes, il y a fort à parier que si l'université s'y met, les choses iront vite.

François Duret



Juillet/Août 2017

n° 367/368

Les dossiers de

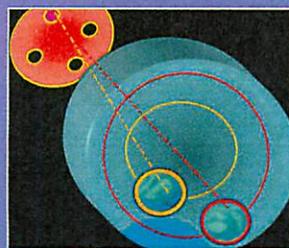
**Technologie
DENTAIRE**

ENQUÊTE

Activité 2016 des
labos, CAD/CAM et
Empreinte Numérique

L'EMPREINTE NUMÉRIQUE

Terminologie, Historique,
Fonctionnement et
Technologies actuelles
des caméras



LES SYSTÈMES

Les différentes caméras
et logiciels de prise
d'empreinte digitale



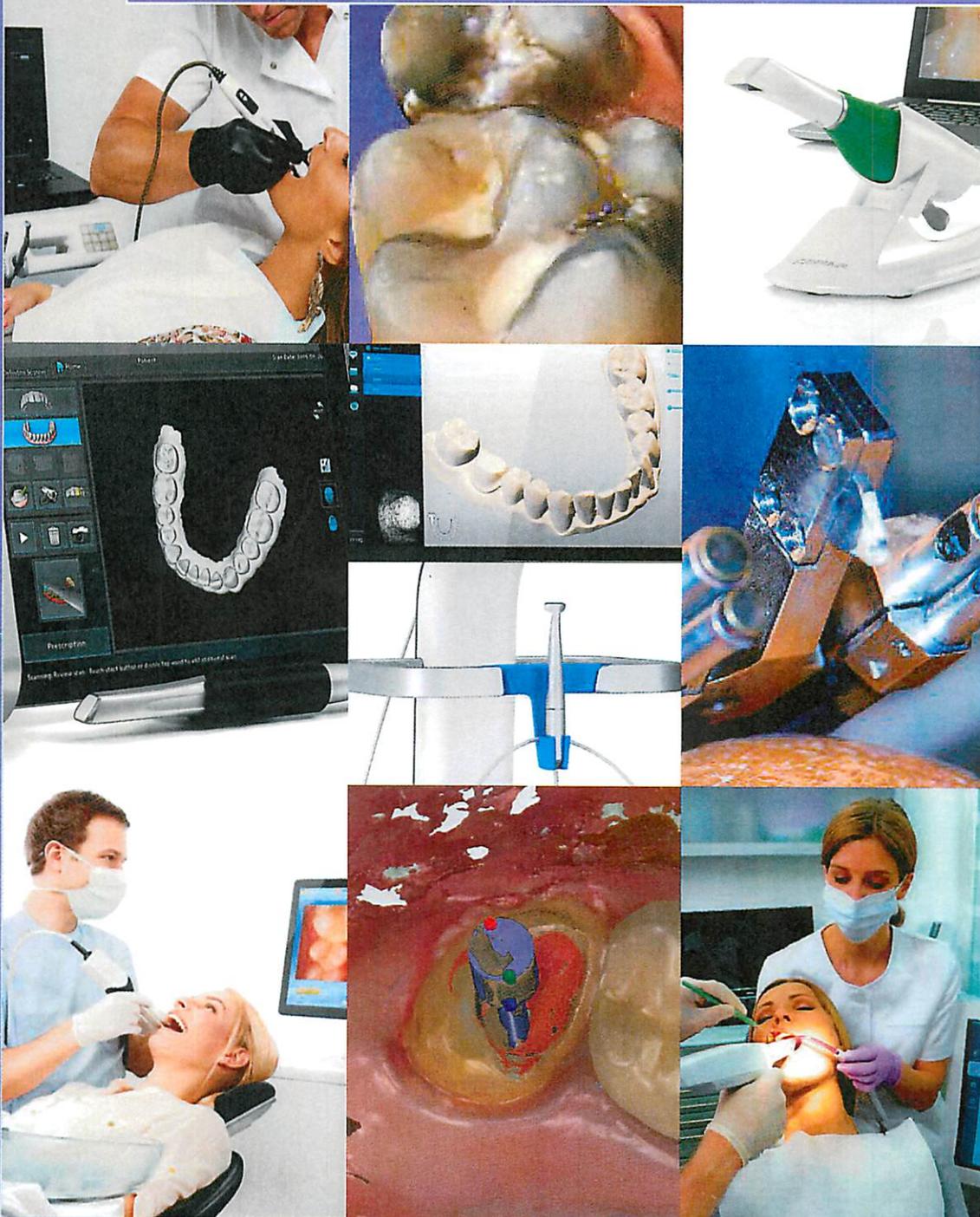
PROCÉDURE

Toutes les étapes de
prise d'empreinte
numérique au cabinet



**Dossier
SPÉCIAL**

Empreinte Numérique



*Tous les systèmes présents sur le marché
Comparatif des options et fonctions des logiciels d'empreinte*