

Le fonctionnement des caméras endobuccales en ... cinq pages.

La dentisterie n'échappe pas à la grande vague des révolutions sociales et technologiques qui marquent le début de ce nouveau siècle et cette mutation n'est pas anodine : nous allons quitter les produits d'empreinte que nous utilisions depuis 300 ou 400 ans pour les remplacer par des caméras vidéo. Le coup est à la fois rude et exaltant. Il est rude car il s'agit d'une remise en cause que nous pensions pouvoir repousser à notre fin d'exercice mais il est aussi exaltant car nous allons

vivre un véritable bouleversement professionnel. Cette révolution est très importante car l'empreinte est à la base de la quasi-totalité de nos travaux collaboratifs entre le laboratoire et le cabinet dentaire. Toucher à ce sacro-saint plâtre ou cet incontournable alginate relève plus de l'outrage que du progrès scientifique. Qu'importe, un petit groupe de chercheurs a osé l'hérésie et il est en passe de réussir. N'en déplaise aux râleurs, c'est tant mieux pour notre profession.

Mais, au juste, comment est-il possible de substituer, en bouche, l'empreinte traditionnelle par une caméra 3D ? C'est l'objet de ce très court résumé.

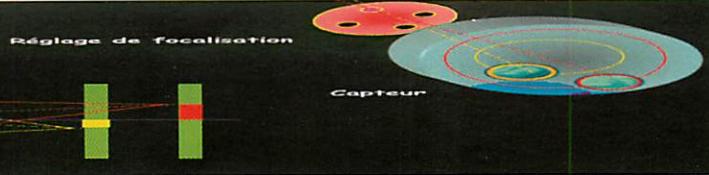
Tout d'abord généralisons pour nous amuser un peu : Une surface rose d'alginate peut être ressentie comme une longue étendue continue. En réalité elle doit être comprise comme un ensemble de points très rapprochés qui, par leur proximité, donnent une impression d'uniformité. A l'échelle atomique, nous avons même des espaces entre ces points. L'objet d'une prise d'empreinte est de rendre accessible à l'opérateur, dentiste puis prosthésiste, cette surface que le patient ne peut mettre à notre disposition que dans un temps très court. Toute technique permettant de copier pour reproduire dans l'espace (en 3D) la surface des arcades dentaires peut être considérée comme une méthode de prise d'empreinte.

Cette copie peut être un simple transfert de surface, sans que l'opérateur ait des indications sur l'objet copié : ce sont nos techniques d'empreintes classiques. Ce peut être aussi des techniques permettant ce transfert mais renfermant en plus un fichier d'informations contenant la position spatiale (x,y,z) de chacun des points constituant la surface : ce sont les nouvelles techniques de micro-palpage ou d'empreinte optique. Ces dernières s'imposent de plus en plus car, après un certain nombre de transformations, elles permettent de disposer de ces

fichiers sous une forme numérique directement utilisable par l'ordinateur et tous ses softwares.

L'ordinateur voit donc arriver, durant la prise d'empreinte, une succession de points très rapprochés, disposant chacun d'une carte identité renfermant au minimum 3 valeurs (x, y et z). Ces 3 nombres correspondent à la position spatiale du point par rapport à un point commun, de référence, ayant pour valeur (0,0 et 0). On parle classiquement de « nuage de points » dans un référentiel connu.

Une prise d'empreinte optique sera pour l'ordinateur une suite de fichiers d'autant plus importants que le nombre de points est élevé. Ce nombre de points sera d'autant plus élevé que nous voulons une grande précision c'est-à-dire des points de petite taille. Pour une vue précise à $10 \mu\text{m}$ ce sont des millions de points que recevra l'ordinateur. Si l'empreinte optique a besoin de 3000 vues par seconde, ce qui est le cas des scanners IR, nous parlerons de centaines de millions de points pour une arcade. Ceci explique pourquoi les scanners endobuccaux ne se sont réellement imposés que très récemment. L'ordinateur pouvant assurer une telle puissance de calcul restait encore très cher, en tout cas trop cher pour notre métier.



Mais comment arriver à mesurer avec des caméras 3D endobuccales ?

Nous en arrivons au cœur du sujet. Quels sont les moyens mis en œuvre pour mesurer la position de ces points en bouche constituant une partie ou toute la surface d'une arcade ?

Il existe aujourd'hui, en dentisterie, deux grandes méthodes d'empreinte pouvant fournir des informations numériques. Il s'agit de l'empreinte par micro-palpage (style Procera ou Cadim) et de l'empreinte optique (tous les autres systèmes d'empreinte pour CFAO). Si pour l'empreinte sur modèle en plâtre ce choix reste vaste (il existe plus de 40 appareils différents pour la prise d'empreinte au laboratoire), il reste relativement confidentiel au niveau des caméras endobuccales. Nous en avons identifié sept disponibles sur le marché.

Precisons tout de suite que la méthode d'empreinte par micro-palpage est particulièrement lente. De ce fait elle n'est pas applicable en bouche malgré quelques essais restés sans suite (Mushabac ou Rekow). Le moindre bougé du patient ou du palpeur fixé sur les dents durant la lecture conduit à d'irrémédiables erreurs de référence. La situation est très différente avec l'empreinte optique.

Elle peut être très rapide et elle a l'avantage d'être d'une manipulation relativement simple. Ce sont les raisons pour lesquelles elle a été plébiscitée par les cliniciens désireux de s'engager dans la voie de la numérisation. Ce choix a été rendu possible après un certain temps, non pas parce qu'il était mauvais, mais parce que certains critères, pour être résolus, avaient besoin de voir progresser les développements scientifiques. Ainsi la puissance de calcul des ordinateurs, la finesse des CCD, la miniaturisation des lentilles ou des éclairages avec un bon rapport qualité/prix étaient des préalables incontournables.

Il existe aujourd'hui plusieurs méthodes d'empreinte optique pour mesurer une arcade en bouche. Les deux les plus utilisées sont issues

- 1) des principes de la triangulation, donc de la stéréoscopie, et
- 2) des principes que nous pouvons appeler, pour la première fois, d'intensité de vol, pour faire un parallèle avec la technique bien connue dite « de temps de vol ».

► a. Les caméras endobuccales 3D et la triangulation

C'est la technique la plus simple et la plus connue. C'est aussi la plus pratiquée en dentisterie. Le principe consiste à reproduire la vision binoculaire humaine ... avec quelques arrangements

Comme le montre la figure 1, le même point vu sur une arcade, par exemple la pointe d'une cuspide, n'aura pas la même position sur la rétine de l'œil droit (x & y) et sur celle de l'œil gauche (x' et y'). Le cerveau est capable de retrouver instinctivement ces deux points (que l'on appelle points homologues), de constater la différence de position sur les deux rétines et d'en déduire la distance qui sépare l'œil de ce point. En faisant cette constatation sur l'ensemble des points d'une arcade il sera capable de construire une vue dans l'espace 3D. Mathématiquement, la recherche de cette distance « z » n'est qu'un simple calcul trigonométrique que tout ordinateur est capable d'exécuter très rapidement.

La bouche étant particulièrement sombre et la recherche des points homologues pas forcément évidente, surtout sur des surfaces lisses, blanches et brillantes, les caméras d'empreinte optique remplacent le deuxième œil par la projection d'un point lumineux (laser). Nous retrouvons dans la figure 2 les deux distances (x et y) et (x' et y') vues sur les rétines. L'ordinateur connaissant la distance (x et y) car elle dépend du balayage de son système mécanique réglé en usine, il ne lui reste plus qu'à

mesurer la position (x' et y') du point lumineux sur le CCD pour trouver, par le même calcul trigonométrique, la valeur de « z » correspondant à la troisième dimension ou distance CCD/point objet.

Cette technique de balayage (ou de scannage) par un seul point n'est utilisable que dans les scanners de table car le modèle en plâtre ne peut pas bouger pendant le cheminement du point lumineux. Elle est trop lente pour être appliquée en bouche. On lui préfère aujourd'hui la projection d'une ligne de points (figure 3) qui, associée aux nouveaux systèmes de balayage motorisés ultra-rapides (piézo), permet la saisie de plus de 3000 images différentes par seconde.

Nous retrouvons ce principe de balayage en lignes dans des caméras comme la Ios, la 3shape, la Cyrtina ou l'HinTels (figure 4). Ces caméras utilisent en général la projection d'une frange (ou ligne) laser rouge ou bleue qui balaye l'arcade en continu. La prise de vue, c'est-à-dire la fixation sur le CCD du profil de la ligne, se fera à la volée, donnant au praticien une grande liberté de manipulation. Il suffit de déplacer lentement la caméra à la surface de l'arcade pour construire et enrichir progressivement l'empreinte virtuelle. On parle d'empreinte optique dynamique. La corrélation des vues, c'est-à-dire l'addition des vues les unes après les autres pour ne représenter qu'un seul objet est rendue possible grâce à

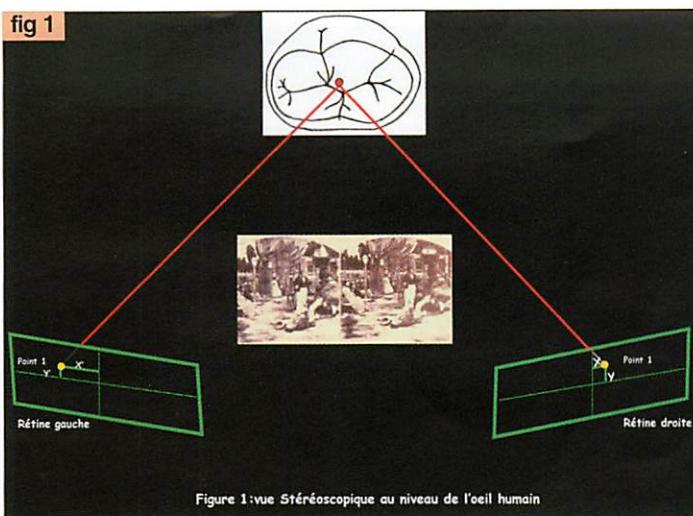


Figure 1: vue Stéréoscopique au niveau de l'œil humain

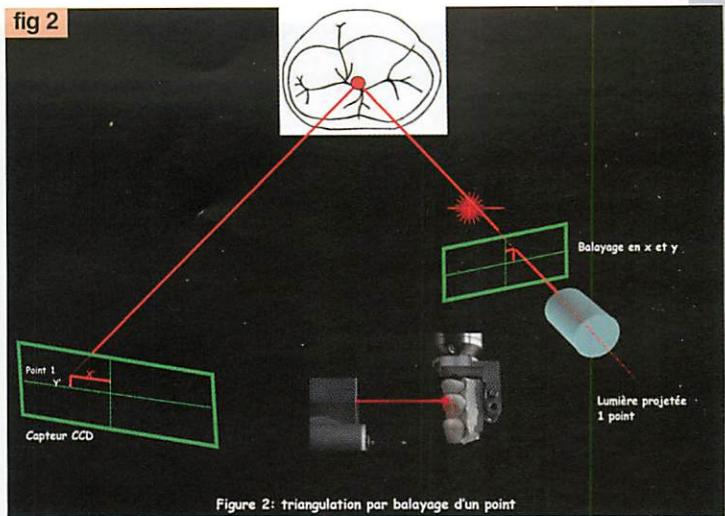


Figure 2: triangulation par balayage d'un point

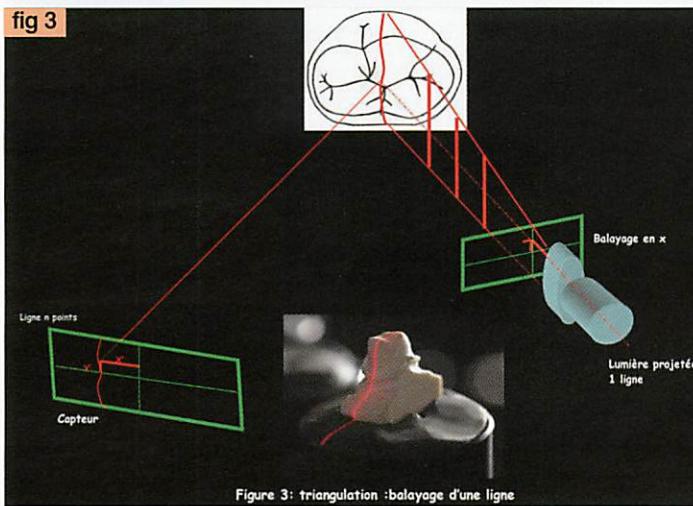


Figure 3: triangulation :balayage d'une ligne

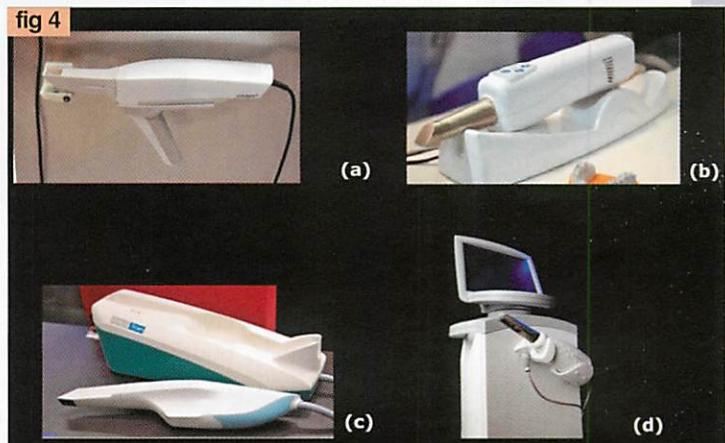


Figure 4: le caméras à balayage de ligne :3 shape (a), Cyrtina (b), HintEls (c) et Ios (d)

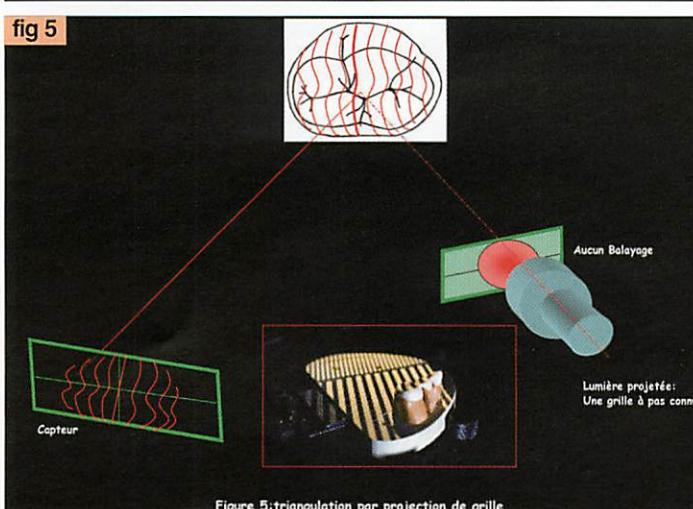


Figure 5:triangulation par projection de grille

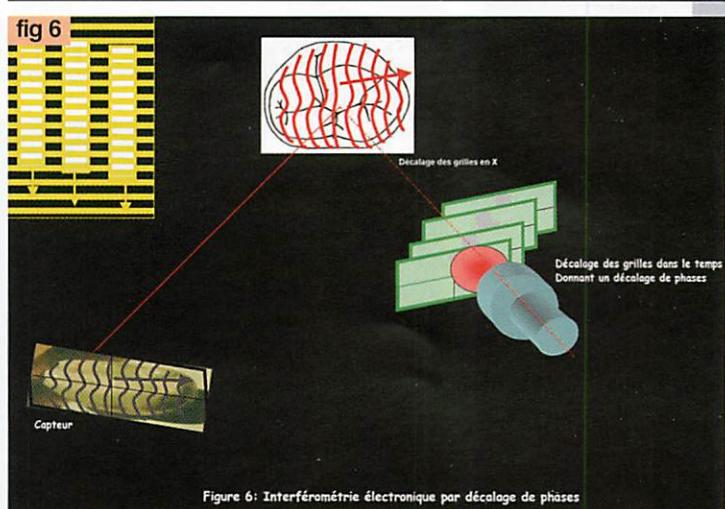


Figure 6: Interférométrie électronique par décalage de phases

deux concepts complémentaires. Le premier consiste à accumuler le maximum de profil avant de bouger la caméra. Cela est possible car les prises sont rapides et nombreuses. Le deuxième est d'avoir toujours un recouvrement (1/3 en commun minimum) entre deux vues différentes. Cela est possible si l'opérateur ne déplace pas trop vite sa caméra.

Il existe quelques variantes en développement à cette méthode de projection de lignes de profil. Certains systèmes à l'étude ne projettent pas seulement une ligne mais un ensemble de lignes parallèles identiques (figure 5) alors que d'autres projettent plusieurs ensembles de lignes parallèles au même moment sous des angles différents (travaux de G. Hausler). Le principe reste le même mais avec ces montages nous accélérerons la procédure clinique et augmentons la précision.

Une variante intéressante est apportée par le Cerec. Il s'agit toujours de projeter un ensemble de lignes très rapprochées (entre 10 et 50 µm suivant les systèmes) mais de le faire d'un coup, sans balayage, puis, caméra toujours immobile, de déplacer (piézo) ce groupe de lignes très légèrement sur l'arcade (en dentisterie ce déplacement à une valeur de $\pi/2$) (figure 6). On appelle cette méthode la mesure par « décalage de phases ». Une vue 3D est construite à l'aide d'un minimum de 3 à 4 vues en grilles décalées. Il faut donc que le patient ne bouge pas pendant cette prise mais ce n'est plus un problème aujourd'hui car les caméras intègrent extrêmement rapidement les images captées sur un CCD. Le praticien déplacera alors sa caméra et recommencera. Comme ce n'est pas un film, mais des vues coup par coup on parle d'empreinte optique statique.

► b. Le cas particulier du Lava COS

Le Lava Cos est un cas particulier. Première caméra d'empreinte optique dynamique en dentisterie, développée par le MIT de Boston, il utilise le principe de l'AWS (Active Wavefront Sampling) qui allie les avantages de la triangulation, de la focalisation/dé-focalisation des appareils télémétriques (Leica) et de l'axe de vision (presque) confondu à l'axe de projection, comme le revendique à juste titre la Conoscopie du nouveau scanner de table de Procera. C'est un beau programme particulièrement efficace. La caméra est belle et le principe adopté AWS lui permet d'être peu encombrante en bouche (figure 7). Cela consiste à viser une très petite partie de l'arcade et de faire une mise au point de netteté sur cette petite zone. La zone étant petite, la profondeur de champ est réduite donc l'erreur en Z faible. Le calculateur mesure le déplacement des lentilles pour partir du point zéro au point de netteté. Ce mouvement, le même que nous faisons avec nos appareils photo pour avoir une vue nette, indique au software la distance entre le CCD et la petite surface enregistrée sur le CCD (d'où le principe appelle aussi focalisation/défocalisation). Dans le Lava Cos, l'opération est plus complexe car c'est la position de l'image sur un disque tournant, en fonction de l'axe de visé qui donne la distance mais le principe de base est strictement le même. Il suffit alors de balayer l'arcade, petite zone par petite zone, pour voir se construire progressivement le modèle virtuel. Nous avons bien une empreinte optique dynamique.

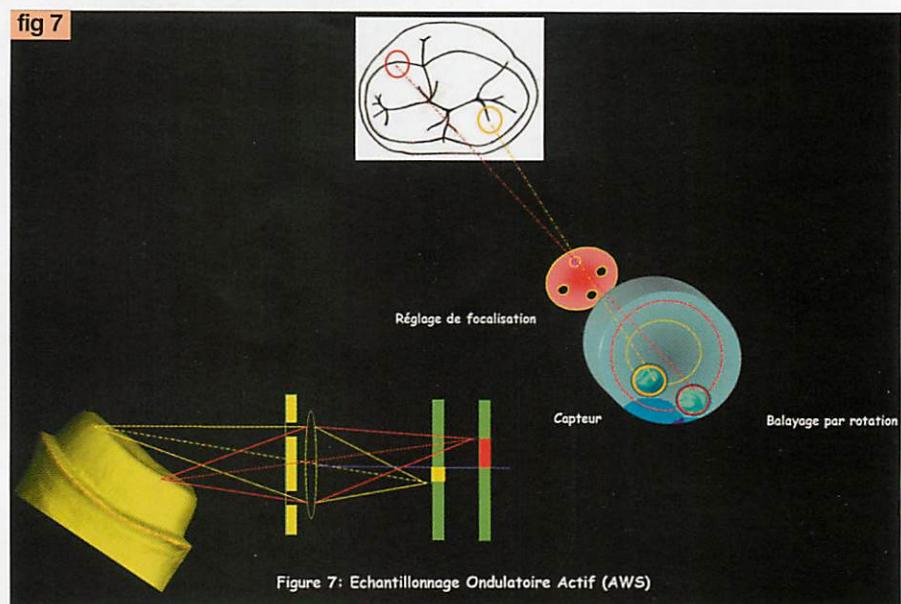


Figure 7: Echantillonage Ondulatoire Actif (AWS)

► c. Les caméras endobuccales 3D et l'intensité de vol

Seule dans sa catégorie, la société Cadent (figure 8) a évolué en passant du système en décalage de phases (développé par Hennson et Cerec) à celui que j'appellerai ici « d'intensité de vol ». Par ce nouveau choix, la caméra Itero de Straumann est indiscutablement originale. Le principe consiste à projeter une multitude de points (entre 100.000 et 300.000) sur l'arcade. Chacun de ces points va rebondir à la surface et revenir vers le CCD. Un système de « lentilles absorbantes » déplace le plan focal, c'est-à-dire balaye la profondeur de champ, du point le plus bas (la gencive) au point le plus haut (les cuspides). Si un point lumineux, revenant de la surface, se trouve très bien focalisé il sera puissant et traversera un « filtre sélectif des intensités ». Si ce n'est pas le cas, il sera « détruit ». C'est un peu comme lorsque, enfant, nous déplaçons notre loupe pour brûler une feuille : hors focal la tache lumineuse est large et la puissance insuffisante pour brûler, dans le plan focal c'est l'inverse et la fumée s'échappe ... Ici, hors focal le point disparait, alors que dans le plan focal il traverse

le « filtre » qui est un orifice très fin appelé « Pinhole » et vient imprégner le CCD. Nous avons donc une sorte de coupe en tranche de l'arcade en fonction des intensités. La méthode est rapide et précise. Les seuls points acceptés étant ceux de forte intensité, le coating, c'est-à-dire le recouvrement de poudre blanche, n'est pas nécessaire.

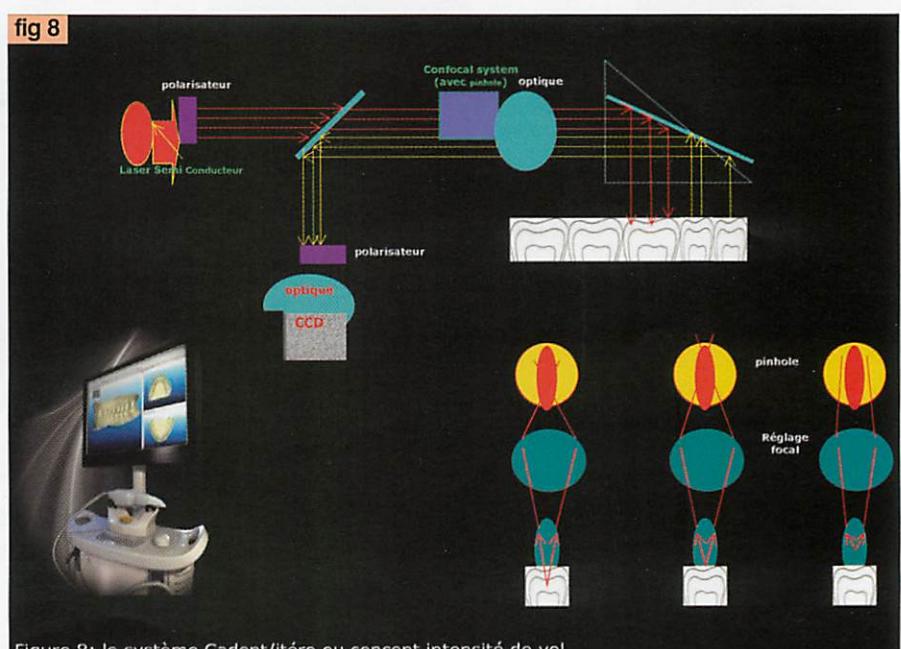
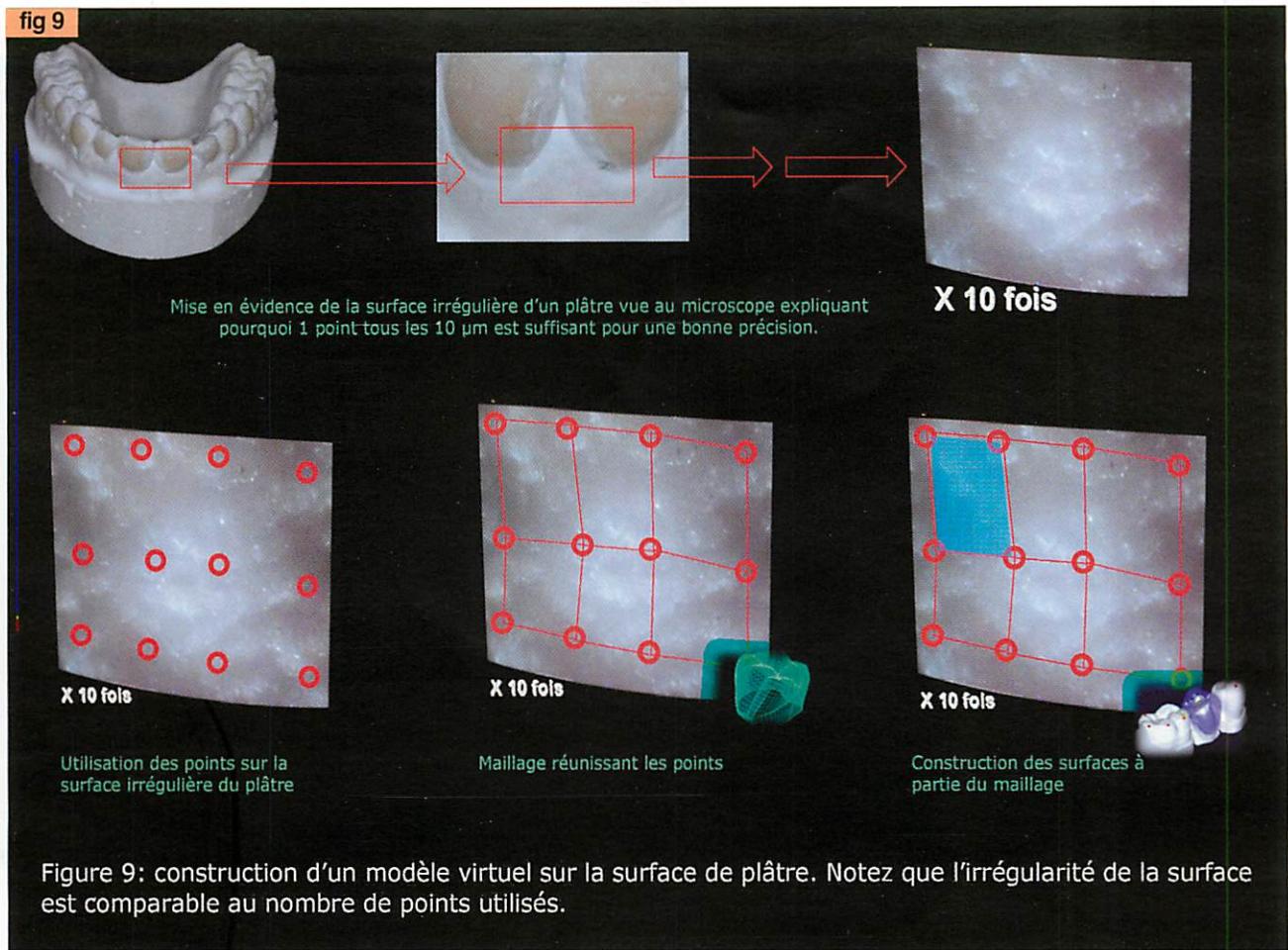


Figure 8: le système Cadent/Itero ou concept intensité de vol

le « filtre » qui est un orifice très fin appelé « Pinhole » et vient imprégner le CCD. Nous avons donc une sorte de coupe en tranche de l'arcade en fonction des intensités. La méthode est rapide et précise. Les seuls points acceptés étant ceux de forte intensité, le coating, c'est-à-dire le recouvrement de poudre blanche, n'est pas nécessaire.



Quelques remarques de bon ton :

La précision à l'écran n'est pas la précision de l'empreinte (figure 9) : pour avoir rapidement une vue à l'écran et informer l'opérateur sur la qualité de son travail, la vue qui s'affiche temps quasi réel est une vue simplifiée utilisant 1 point sur 3 (ou sur 5) pour sa modélisation. Cela a l'avantage d'aller très vite et est très difficilement discernable à l'œil. Le software de modélisation, lui, travaille sur la totalité des points.

Le coating ne sert pas à empêcher les points lumineux projetés de rentrer dans la dent et limiter la précision. Heureusement et soyez rassuré ! Ceux qui rentrent dans la dent ne ressortent pas ou alors sont inexistantes car très peu puissantes par rapport aux points réfléchis.

Le coating sert à la fois à limiter l'effet dévastateur des variations de couleurs (sauf en décalage de phases) dans une bouche (couronne métal, céramique, dents naturelles ...) mais surtout à favoriser le signal sur le bruit, c'est-à-dire faire en sorte que les parasites (de lumière, bruit électroniques ...) soient très inférieurs à la visualisation des points, lignes ou grilles projetés et réfléchis par la dent.

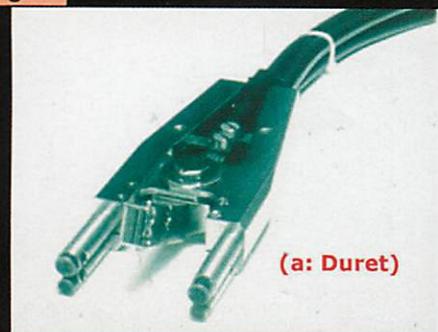
On peut limiter le coating en utilisant de la lumière bleue car elle rend les dents plus crayeuses (voir nos dents dans une boîte de nuit !) mais les CCD sont moins sensibles

“ C'est la mort de la sur-empreinte, le rêve pour beaucoup !... ”



à cette longueur d'onde. A l'inverse, ils sont très sensibles à la lumière rouge mais les points ont tendances à s'étailler. En réalité ce n'est pas important car les logiciels, par une opération d'itération mathématique, retrouveront le centre du point et ne tiendront compte que de cette position centrale pour construire leurs surfaces. Enfin, il est important de signaler que de nouveaux softwares, présentés dans le LavaCOS 3M en 2007, permettent de repositionner une nouvelle vue dans un flot d'anciens clichés. Ils procèdent par reconnaissance de certains éléments anatomiques numérisés présents dans les deux vues, anciennes et nouvelles. C'est fondamental car cela permet de poser la caméra et de la reprendre à tout moment pour compléter une vue qui serait imparfaite ou d'écartier un sulcus peu visible. C'est la mort de la sur-empreinte, le rêve pour beaucoup ! Cela permet aussi de corrélérer une arcade supérieure et une arcade inférieure (occlusion) pour une mise en articulateur virtuel le aujourd'hui statique et demain ... dynamique comme nous le faisions en 1987 avec l'Access Articulator !

fig 10



(a: Duret)



(b: Hennson)



(c: Cerec)



(e: Ios)



(d: Lava COS)

Figure 10: évolution des caméras endobuccales: sur 30 ans 1982 (a), 1985 (b), 1992 (c), 2007 (d), 2011 (e),

Il nous reste à convertir ces informations analogiques en valeurs numériques.

... mais ceci est une autre histoire, non incluse dans le présent résumé.

Le flux lumineux sera transformé en information électrique car il videra plus ou moins les puits de potentiel (en fonction de son intensité) présents dans chaque pixel de la surface active du CCD. La quantité nécessaire d'électricité pour re remplir ces puits et les ramener à leurs valeurs initiales nous dira si le pixel a reçu ou non de la lumière. C'est cette quantité (niveaux de gris), ou ce choix de lumière reçue : oui/non (noir ou blanc), qui sera la valeur numérique retenue, base du traitement informatique. La boucle est bouclée, la conversion analogique (lumière) et numérique (chiffre) est faite : l'em preinte est devenue numérique.

Elle aura mis 40 ans pour cela (figure 10) ♦

“ Le flux lumineux sera transformé en information électrique ...

... L'empreinte est devenue numérique.

”



Par François Duret

Référence à lire : F. Duret, B. Péli ssier : Différentes méthodes d'empreinte en CFAO dentaire, EMC (Elsevier Masson SAS, Paris) Médecine buccale, 28-740-R-10,2010.



Digital impression DOSSIER

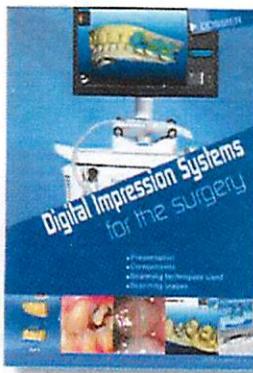
Issue 96/97



13

INTRA-ORAL SCANNERS

How do intra-oral scanners really work?



23

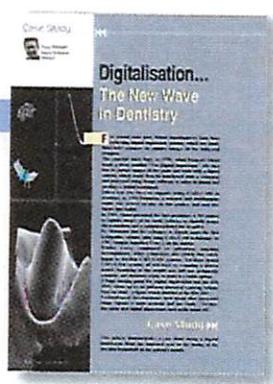
SYSTEM REVIEWS

- Sirona
- Straumann
- 3M
- 3Shape

52

CASE STUDY

Digitalisation...
The New Wave
in Dentistry



62

ON TRIAL AT THE BENCH

The Digital Impression



CONTENTS

2 EDITORIAL

By Poppy Stoddart & Jemma Cooper

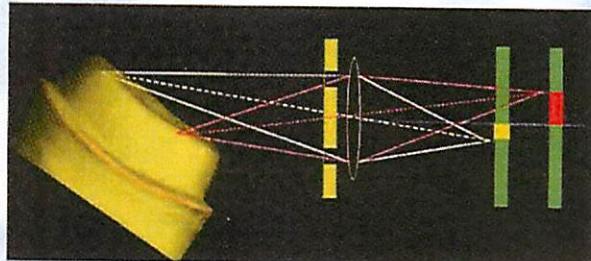
4 By Wilky Bunyan

8 SEEN IN CHICAGO

13 INTRA-ORAL SCANNERS

How do intra-oral scanners
really work?

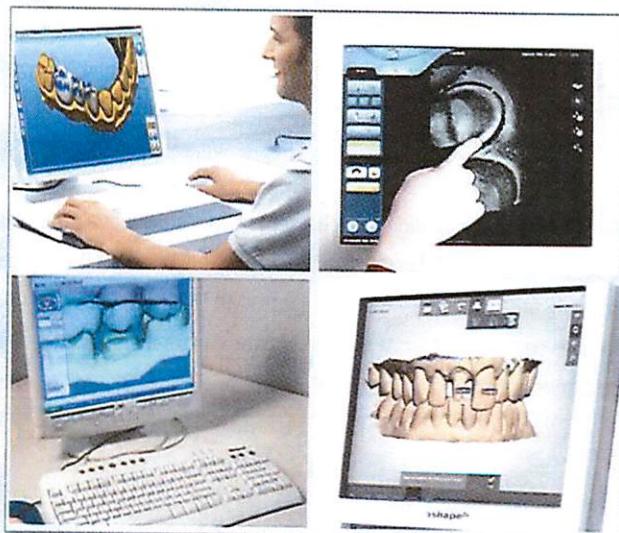
By François Duret



23

SYSTEM REVIEWS

- Sirona
- Straumann
- 3M
- 3Shape



VITA VMK Master® Brand new, yet still a classic!

The new VITA metal ceramic with the familiar layering you're accustomed to.



370110



1968: The world is in motion and VITA revolutionizes the world of dentistry with its VMK 68 metal ceramic. In 1995, VITA inspires the world of dentistry again – with the original VMK 95. And in 2009? VITA goes one step further: VITA VMK Master. Thanks to its firing temperature, chemical and physical characteristics, VITA VMK

Master is especially well suited for the veneering of non-precious metal alloy frameworks. Furthermore, the traditional layering concept continues to provide simple handling. **PLEASE ASK ABOUT OUR CURRENT EXCHANGE DEALS AND SPECIAL OFFERS!**

Panadent 01689 88 17 88

How do intra-oral scanners really work?



By François Duret

Physicist

& Bruno Pelissier

This new millenia has been marked by a wave of social and technological revolution, and the dental industry is no exception.

These changes are significant. We are leaving behind traditional impression materials, that we have been using for the past 300 or 400 years, and replacing them with intra-oral scanners. It is both a difficult and an exciting change to make. Difficult because we have to question the ways in which we have always worked - many will be tempted to ignore these changes and, with retirement in sight, put them off until the end of their career.

But it is also exciting because this is a genuine professional upheaval. These changes will revolutionise the way in which we work, and in a major way because impressions are the basis for almost all collaboration between laboratories and dental surgeries.

'What?' I hear you cry '*To question the holy plaster or the mighty alginate is heresy, not scientific progress!*' Whatever. A small group of researchers dared to commit heresy and have pretty well succeeded. This may not please the purists, but believe me, it is for the best.

How is it possible to replace a traditional impression with a scan of the mouth? Interesting question, dear Watson...

Just for fun let's generalise a bit. A pink alginate surface is seen by the human eye as a solid piece of matter. In reality, it is must be understood to be a series of 'points' that give the impression of uniformity and solidity due to their proximity to each other. Of course, on an atomic level, there are actually spaces between each of these points.

When taking an impression, we are reproducing the patient's mouth to make it accessible so that work can be continued with the patient in absentia. Any technique that allows for the copying and 3D reproduction of the dental arches can be considered to be 'impression taking'.

This copy can be a simple surface transfer, without any additional information on the copied object (classic impression techniques). Alternatively, it could be a transfer technique that involves digitally recording the spatial position (x, y and z) of each point that makes up the surface - these are the new micro-palping or optical impression techniques.

These latter types of transfer technique are becoming increasingly popular, as they can be transformed into digital files that can be used directly by computer software.

During the 'impression taking', the computer visualises a series of points that are very close together, each of which has related data (a minimum of 3 values, x, y, and z, is included for each point). These three figures correspond to the spatial position of the point in relation to a central reference point, with the values 0, 0 and 0. It is standard practice to refer to 'a cloud of points'.

For the computer, an optical impression is made up of a series of files. The greater the number of points the larger the file; the greater the precision the greater the number of points needed, as the distance between the points will be smaller. For a precise capture at 10 microns, the computer will record millions of points. If the optical impression requires 3000 views per second, as is the case with IR scanners, we are talking about hundreds of millions of points to accurately reproduce a dental arch.

This explains why intraoral scanners have only recently become a viable option. A computer that could manage that many calculations was, until recently, very expensive - in any case too expensive for our line of work.

But How Can 3D Intraoral Scanners Measure Accurately?

Here we are, at the heart of the subject! How do you measure the exact position of these points in the mouth in order to reproduce part, or all of a dental arch?

In dentistry today, there exist two major techniques for taking digital impressions. There is the micro-palping technique (such as Procera or Cadim) and optical impressions (all other CAD/CAM impression systems). Whilst for traditional impression techniques there are over 40 systems available for impression taking, digital impressions remain a rather hush hush, confidential subject. To date, we have found seven available on the market.

Let's get this straight immediately; micro-palping impressions are particularly slow. For this reason these techniques are not really suitable for intraoral impressions, despite several trials (Mushabac or Rekow). The slightest movement when taking the impression can lead to

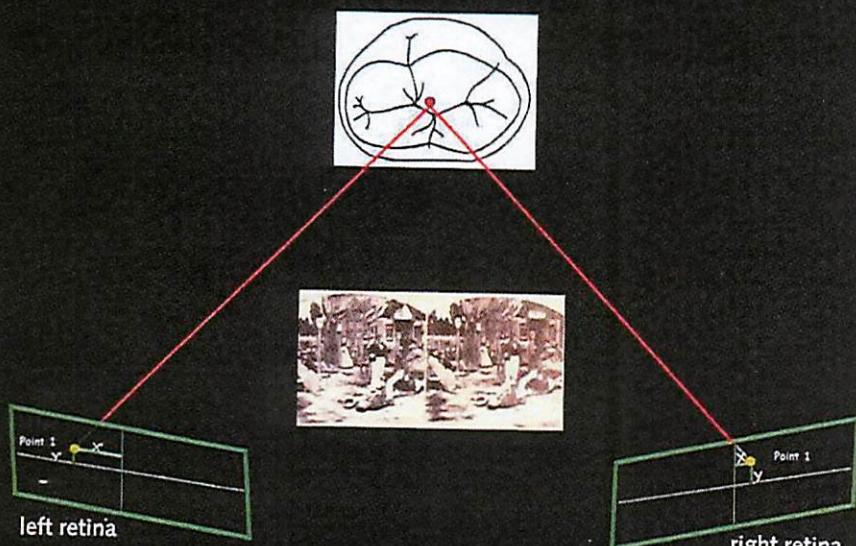
irremediable reference errors. Things are quite different with optical impressions. These techniques are much faster and apparatus handling is relatively simple. For these reasons optical impressions have become popular with clinicians who want to go digital.

This took rather a long time in the dental sector, not because the techniques weren't right, but because certain criteria needed to be resolved through scientific developments. Essential factors included computer calculating power, CCD precision, miniaturisation of lenses and lighting that provided a good price/quality ratio.

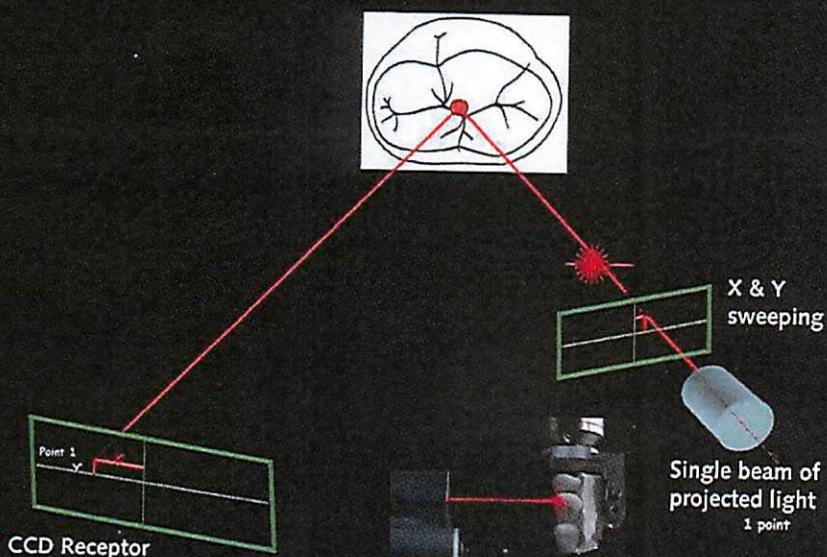
Today there are various optical impression techniques for measuring a dental arch; the most popular are:

- 1) Principles of triangulation including stereoscopy and
- 2) Principles that can be dubbed 'flight intensity', to draw a parallel with the well known technique called 'flight time'.

a. Intraoral scanners and triangulation



Stereoscopic view at the level of the human eye. fig 1



Triangulation by single beam sweeping fig 2

This is the most simple and best known technique. It is also the one most used in dentistry. The principle is to reproduce human binocular vision...with a few adjustments...

As fig. 1 shows, the same point in a dental arch, such as a cuspal point, will not have the same position on the retina of the right eye (x & y) and on the left (x' & y'). The brain is instinctively capable of finding these two points (which we call homologous points), observing the different positions on the two retina and deducing the distance which separates the eye from this point. By observing all the points in a dental arch, it can construct a 3D view. Mathematically, calculating this distance (z) is a simple trigonometric calculation that any computer can carry out quickly.

Since it is rather dark in the mouth, and finding homologous points is not particularly easy, especially on smooth, white, shiny surfaces, digital impression scanners replace the second eye with a beam of light (laser). In fig. 2 we can see both distances (x & y) and (x' & y') seen on the retina. The computer knows the distance (x and y) since it is dependant on the sweeping of the mechanical system pre-set in-factory, it simply needs to measure the position (x' & y') of the light beam on the CCD in order to find, with the same trigonometric calculation the value of (z) which corresponds to the third dimension - the distance of the CCD from the object point.

This sweeping (or scanning) technique by a single point is too slow to be applied in the mouth, since the slightest movement will introduce calculation errors. It can only be used with table scanners, where there is no risk of the plaster model moving whilst the beam of light is sweeping over it.

Intra-oral scanners

For intraoral scanning the use of a grid, or row of laser beams (fig. 3) is now preferred, when used in conjunction with the new ultra-fast motorised sweeping systems (piézo), over 3000 images can be captured per second.

**"Over 3000 images
can be captured per
second."**

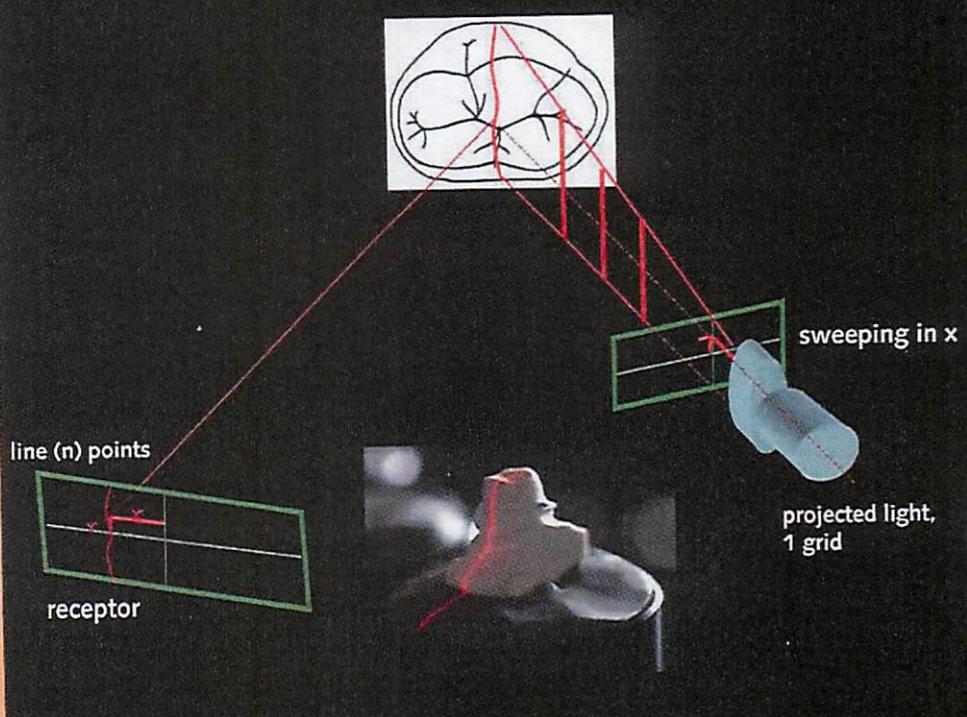


fig 3 Triangulation: sweeping with one line.

The principle of grid sweeping can be found in scanners such as the Ios, 3Shape, the Cyrtina or HintEls (fig. 4). In general these scanners project a grid (or row) of red or blue laser beams which continually sweep the dental arch. The data capture - that is to say the recording of the grid profile on the CCD, is done as a series of quick shots, which leaves practitioners greater freedom when handling. They simply need to move the handpiece of the surface of the dental arch in order to construct and develop the digital impression. This technique is known as a dynamic digital impression.

The correlation of the views, that is to say the overlaying of the views one after another in order to represent just one object, is made possible by combining two complementary concepts. The first concept consists of capturing the maximum profile before moving the scanner (handpiece). This is possible because the scanner shots are fast and numerous. The second concept is to maintain a constant overlap (a minimum overlap of 1/3 is usual) between the two views. This is possible if the operator does not move the scanner too quickly.

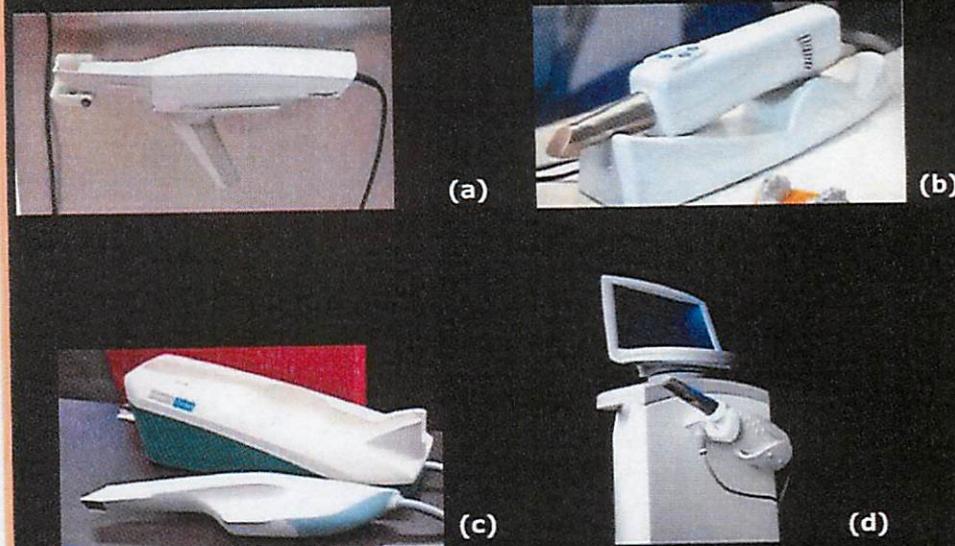
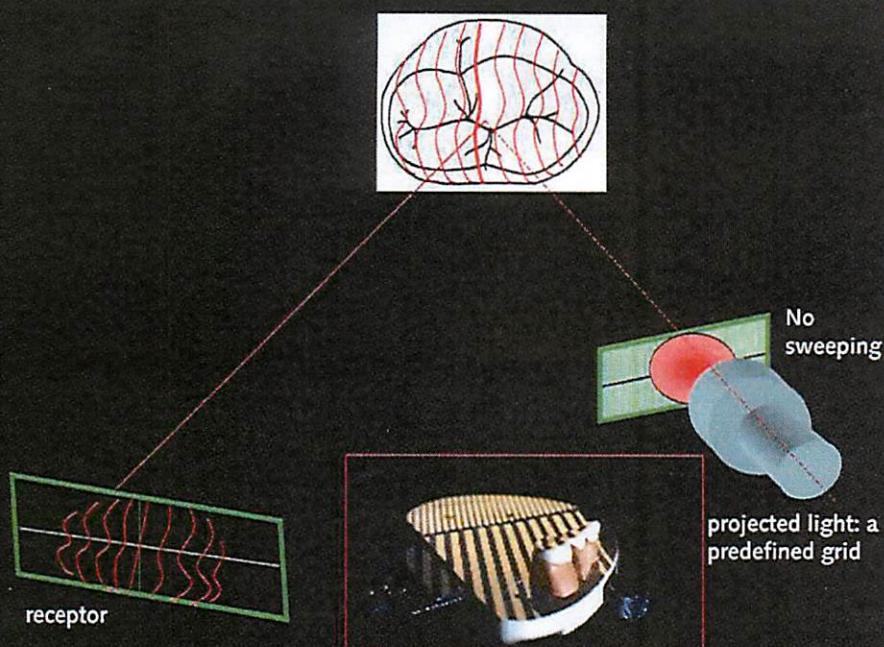
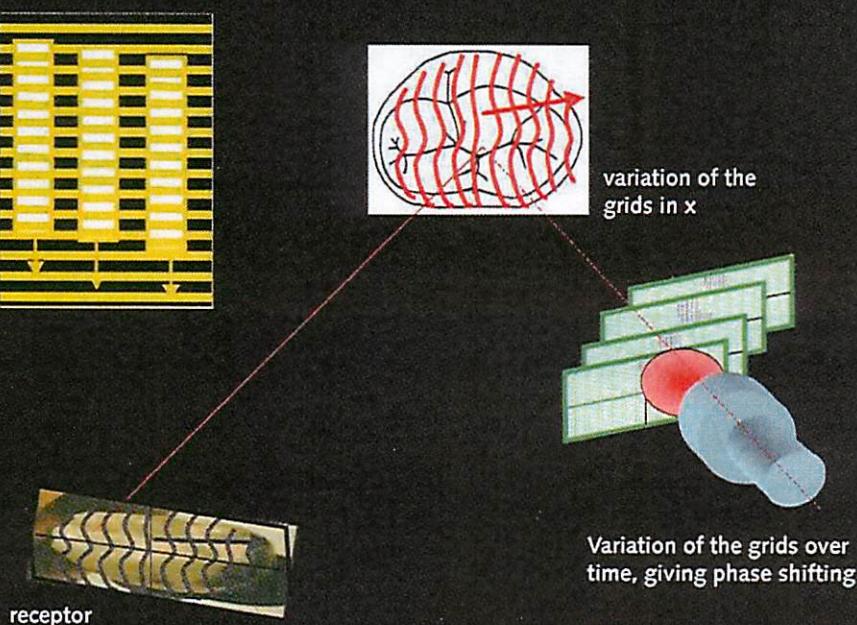


fig 4 Grid sweeping scanners: 3 Shape(a), Cyrtina (b), HintEls (c), and Ios (d).

Intra-oral scanners



Triangulation by grill projection. **fig 5**



Electronic interferometry by phase shifting. **fig 6**

There exist various developmental variations to this method of the projection of a grid of laser beams. Certain systems that are still in development project a series of identical, parallel grids (fig. 5), whilst others project various parallel grids from different angles at the same time (research done by B. Altschuler). The principle remains the same, but with these variations we can accelerate the impression taking and improve the precision.

The Cerec system offers an interesting variation. A close grid of laser beams (between 10 and 50 microns, depending on the system) is still projected. However, it is static and is projected without sweeping. Next, with the scanner still immobile the laser grid is moved slightly on the arch (in dentistry the distance moved is $\pi/2$) (fig. 6). This method is called measuring by 'phase shifting'. A 3D view is constructed using a minimum of 3 or 4 image captures in varying grids. The patients must not move during the image capture, however, the speed with which the scanners integrate the images captured on the CCD is extremely fast; the operator can then move the scanner and start again. Since this is not a film, but a series of individual shots, this technique is known as 'static optical impression.'

Intra-oral scanners

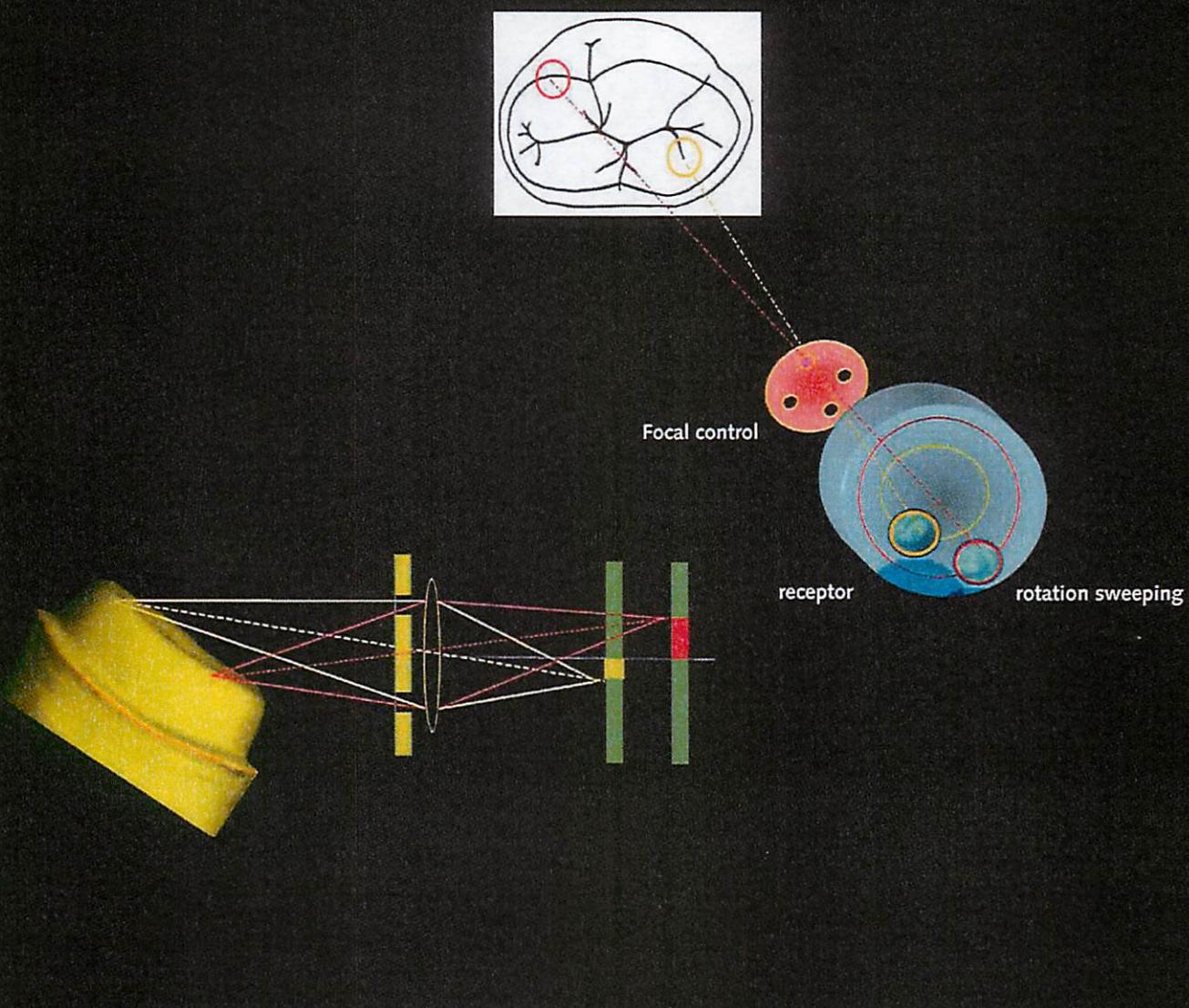


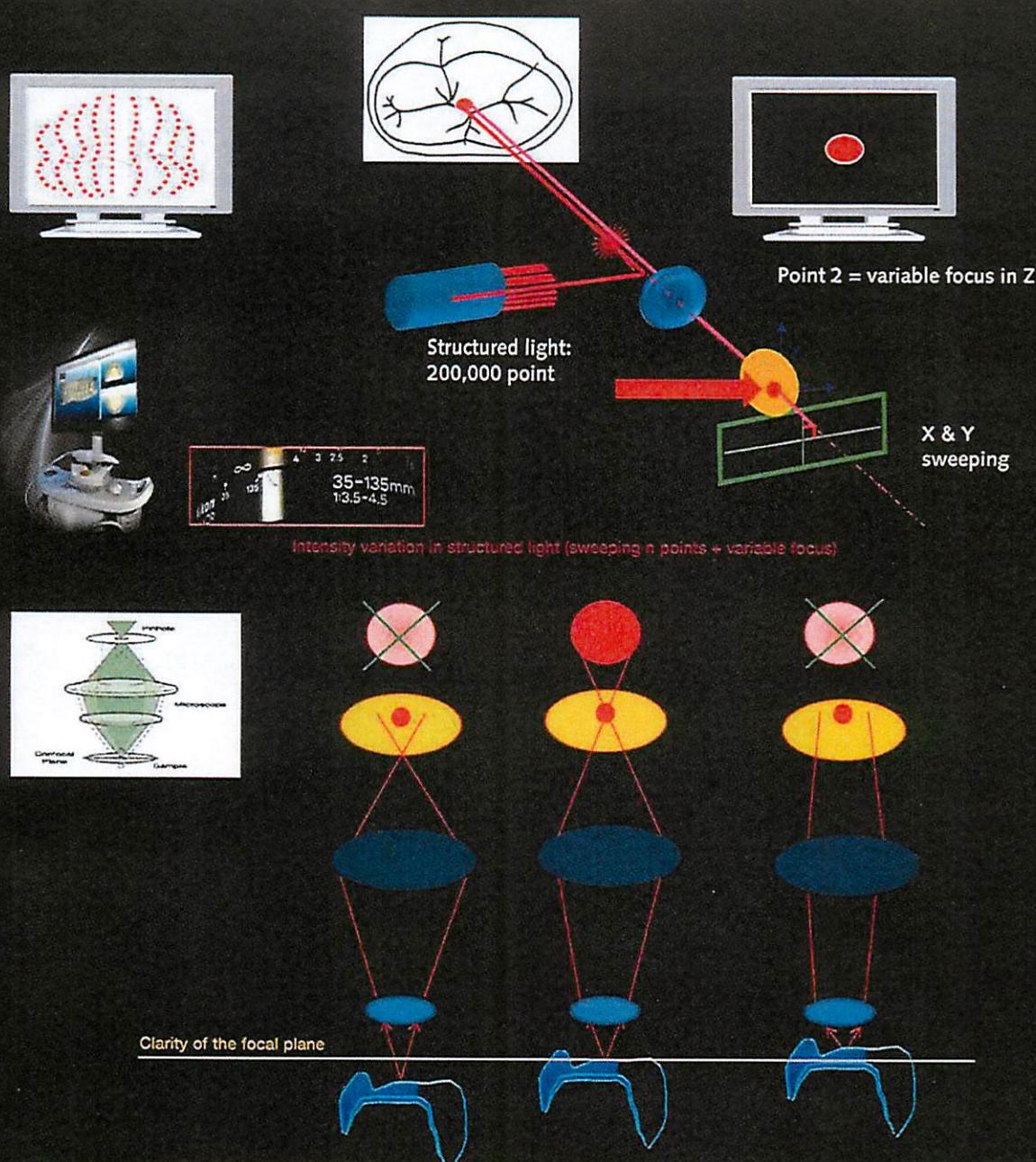
fig 7 Active Wavefront Sampling (AWS).

b. The Lava COS case study

The Lava Cos is a case unto itself. It is the first dynamic digital impression scanner in dentistry. It was developed by the MIT in Boston, and employs Active Wavefront Sampling (AWS) principles, which combine the advantages of triangulation with focalisation / defocalisation of telemetric machines (Leica) and of the axis of vision (nearly) combined with the axis of projection. The Conoscopy of the new benchtop Procera scanner also -quite rightly- claims to do this. It is a well thought out and particularly efficient programme.

The scanner is aesthetic, and the AWS principles adopted mean it is not too cumbersome in the mouth (fig. 7). The intra-oral scanning technique consists of aiming for a very specific zone of the dental arch and to develop the clarity of this small area; since the area is small, the depth of field is reduced and so are the possible errors in calculating (z). The calculator measures the lens movement to go from point zero to the point of clarity. This movement, which is the same as that which we use to focus with a camera, indicates

the difference between the CCD and the little surface recorded on the CCD (which explains the principle called focalisation / defocalisation). With Lava Cos, the principle is basically the same although it is a bit more complicated as the distance is calculated according to the axis aimed for using the position of the image on a spinning disk. The dental arch simply needs to be swept, zone by zone, in order to construct the virtual model progressively. The name 'dynamic optical impression' is rather apt.



The Cadent/Itero system, or flight intensity concept. fig 8

c. Intra-oral scanners and flight intensity

Cadent (fig. 8) is the only company to have evolved from a phase shifting system (developed by Henson and Cerec) to a 'flight intensity' system.

This decision makes the Straumann Itero scanner particularly original. The principle is to project a multitude of beams (between 100,000 and 300,000) onto the dental arch. Each of these laser beams will rebound when it hits a surface and be sent back to the CCD. A system of absorbant lenses moves the focal point, that is to say

sweeps the depth of the field, from the lowest point (the gingiva) to the highest (the cuspal regions).

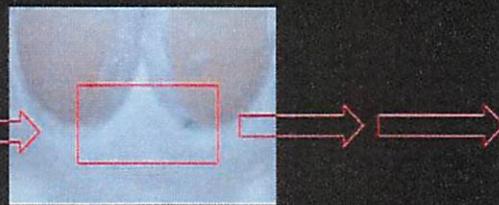
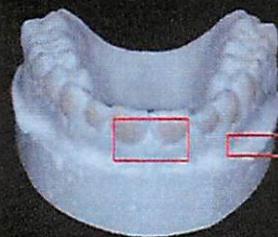
If a ray of light is reflected from the surface and is well focussed, it will be powerful enough to cross through the 'selective intensity filter'. If the ray of light is too weak, it will be 'destroyed'.

This can be compared to burning a leaf with a magnifying glass - out of focus the beam of light is large and not powerful enough to burn a leaf, but in focus it is smaller,

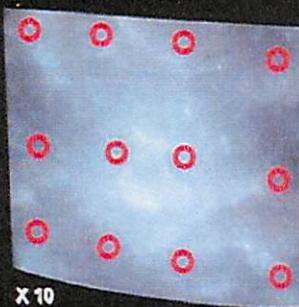
concentrated, and powerful enough to burn... In this case, the ray of light disappears when it is out of focus, whilst when it is in focus it crosses through the 'filter', which is a pinhole aperture, and then activates the CCD.

The result is a sort of cross sectioned slice of the dental arch determined by the intensities of the reflected light. This is a rapid and precise method. Since the only rays that penetrate are of high intensity, coating with white powder is not necessary.

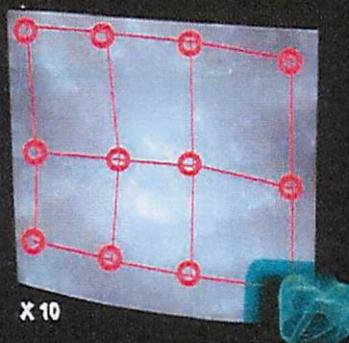
Intra-oral scanners



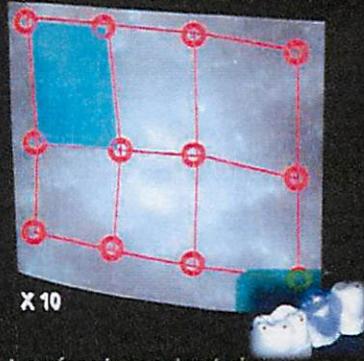
Demonstration of the irregularity of a plaster surface (magnified by 10 using a microscope), which explains why one point every ten microns is sufficient for an accurate reproduction.



Points have been created on the irregular plaster surface



A mesh links the points together



A surface is constructed using the mesh

"The end of double impressions...!"



fig 9 Constructing a virtual model based on a plaster model.
The number of points used will create a surface of comparable irregularity to the plaster surface.

A few pointers:

On screen precision is not the precision of the impression (figure 9): in order to have a rapid on-screen view and inform the operator on the scan quality, a simplified view is shown on-screen in real time. This view uses only one point in three or five to create the on-screen model. This speeds up the process and is barely discernable to the naked eye. Of course, the modelling software uses all of the points.

The coating does not stop projected beams of light from penetrating into the tooth and limiting the precision. But this does not pose a problem, as

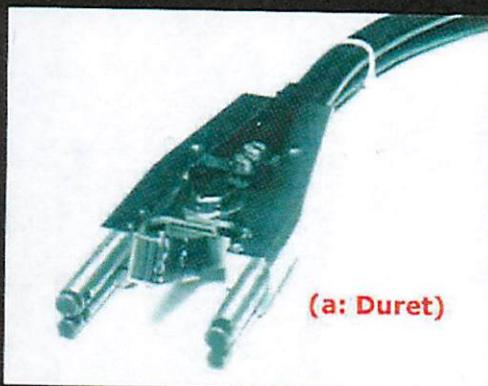
those beams that penetrate into the tooth are not refracted or, if they are, they are so weak compared to the reflected beams that they cannot influence the result.

The coating is used to both limit potentially disturbing colour variations in the mouth (this is not the case when scanning with a phase shifting technique) and, above all to ensure that disturbing influences (such as light or electronic noises) do not disturb the points, lines or grids of light projected onto and then reflected from the teeth.

The amount of coating used can be reduced if beams of blue light are

used, as this gives the teeth a more chalky aspect (think teeth under UV in a nightclub...). However, CCDs are less sensitive to these light waves. At the other end of the scale, CCDs are very sensitive to red light, but the points tend to spread out. Truth be told, this is not so important as the software calculates the centre of the point using mathematical iteration and will only use the central point to construct surfaces.

Lastly, you should be aware that new software, presented as part of LavaCOS 3M in 2007, allows for the repositioning of a new data in an



“The light flux will be transformed into electrical information...

...The impression has become digital.”



The evolution of intra-oral cameras over 30 years: 1982 (a), 1985 (b), 1992 (c), 2007 (d), 2011 (e). **fig 10**

Converting the analogical to digital

older scan. This is done through anatomical recognition of elements present in both the old and the new shots. This is fundamental as it means you can put the scanner down and pick it up again at any time, to either complete an imperfect scan, or move a barely visible sulcus.

This heralds the end of double impressions! This also means that you can correlate an upper and lower arch (occlusion) and put them in a virtual articulator. Today this is static, but tomorrow it will be dynamic, as we showed in 1987 with Access Articulator!

The next stage is to convert this analogical data that we have collected into digital files... but that is another story!

The light flux will be transformed into electrical information by measuring the amount of light capture potential (depending on the light intensity) in each pixel of the active surface of the CCD. The quantity of electricity needed to restore the light capture potential and return the pixel to its initial value will tell us whether or not the pixel received light. It is this

quantity (level of grey), or the choice of received light: yes / no (black / white), which will be the retained digital value, and the basis for digital conversion.

We have come full circle, the analogical (light) and digital (number) conversions have been done, the impression has become digital.

It will have taken 40 years since we first started working on this...◆

By François Duret



Dental Solutions

CADCAM Suite

Your complete open solution...

Increase accuracy
and consistency

Reduce your
manufacturing
costs

Increase your
productivity

Scan
with...



DentSCAN

Precision 3D Scanner

Design
with...



DentCAD

Dental CADCAM Suite

Mill
with...



DentMILL

Dental CADCAM Suite

Manage
with...



OrderManager

Workflow for Dental Solutions

Delcam  **Healthcare Solutions**

Innovating your future

Delcam plc, Small Heath Business Park, Birmingham, B10 0HJ, UK

Tel: 0121 766 5544 | Fax: 0121 766 5511 | marketing@delcam.com

www.delcam-healthcare.com

<http://lz.dental-cadcams.com>