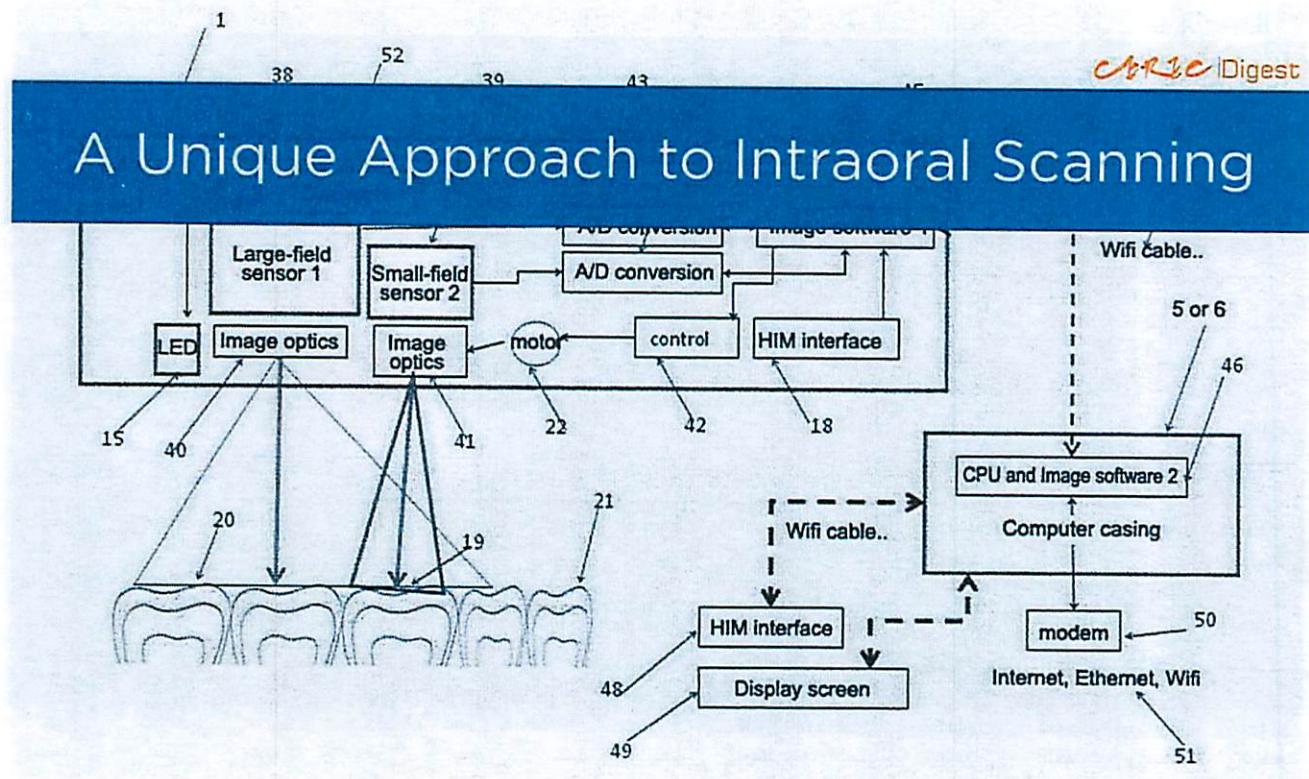




► JOIN OUR DISCUSSION



EDITORIAL

A Unique Approach to Intraoral Scanning

Notes from an interview with Dr. François Duret

June 30, 2017 by Hsuan

The stage was set. What we witnessed this year at the International Dental Show, and various other exhibitions that followed, was a change in the course of conversation. No longer are we comparing the accuracy and efficiency of intraoral scanners with traditional impressions. No longer do we question whether intraoral scanners are viable for prosthodontic, orthodontic, surgical and other dental treatments. In the realm of chairside CAD/CAM, dental professionals are now comparing these scanning technologies with each other instead and, frankly, this is where things start to get interesting.

At IDS 2017, we compared intraoral scanners based on our hands-on impressions, as well as our interactions with sales representatives. During my research for writing the review article, one thing that piqued my curiosity was the method of image acquisition used by the Condor scanner. *Software-driven* was a buzzword that got thrown around at dental shows,

but nobody was really able to provide me with a technical and satisfactory explanation as to what it is and how it is significant.

Until now.

Last month, I was offered the opportunity to interview one of the co-founders of Condor Scan, Professor François Duret, whose 1973 paper *Emprinte Optique* (Optical Impression) introduced the application of CAD/CAM concepts to the world of dentistry. Having published hundreds of papers related to this field, Dr. Duret was the first to describe a viable solution to chairside milling of restoratives. Decades before the internet became popularized, he envisioned a world where these virtual models could be sent from one doctor to the next for professional consultation. Reading his texts, it's obvious that his ideas were really far ahead of their time, and was limited only by the technology available at the time.



The story of the first patient in history to receive CAD/CAM restorations.

Needless to say, I had equal parts of anticipation and anxiety while preparing for this interview. Although I have read and respected many of his scientific articles, I also didn't exactly give the Condor scanner too much love in the review article. Fortunately, my worries proved to be completely unnecessary, and our discourse was both thoroughly enjoyable and educational. In this article, with Dr. Duret's permission, I would like to share what I learned of the philosophy and technology behind Condor intraoral scanner.

Diagnostic First

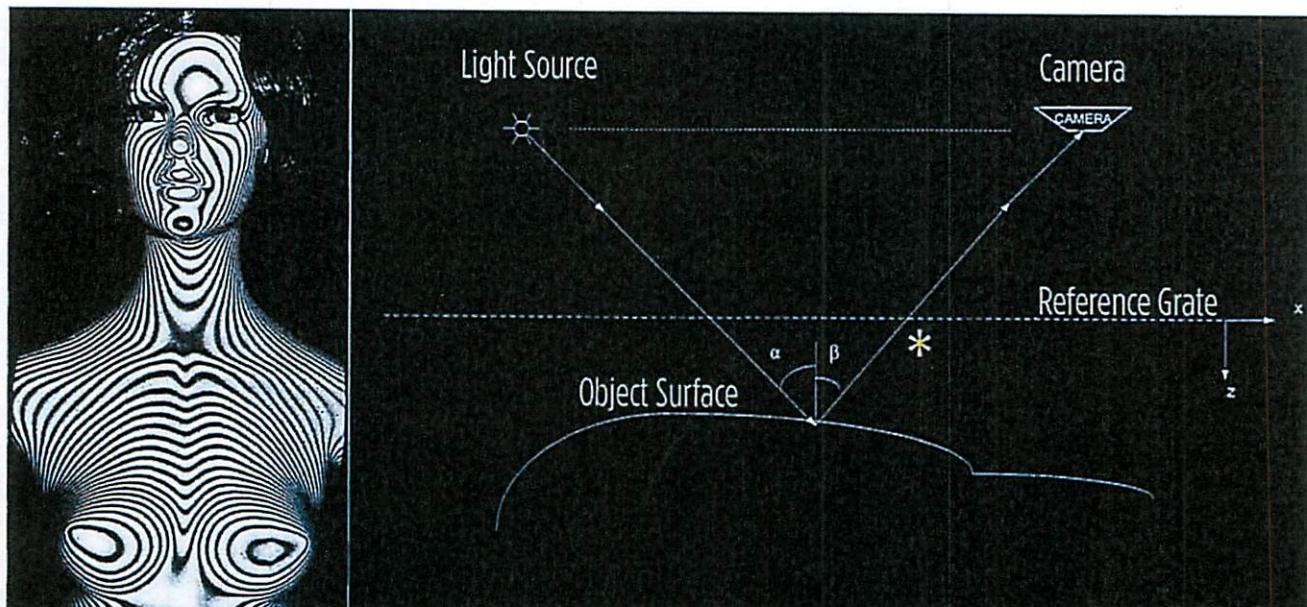
Whereas most dentists, myself included, look at intraoral scanners as a replacement for the traditional impression tray, Dr. Duret sees the intraoral scanner as a diagnostic tool first and foremost. For him, the value of being able to acquire a 3D representation of the oral condition is the preservation of information and its utility in patient communication. This does not exclude the application in milled restoratives, which is vital to the economy of intraoral scanners. But, true to his original vision in the 70s and 80s, Dr. Duret believes that the connectivity among dentists and dental technicians is most important. Furthermore, the possibility of longitudinal patient history (as we saw from 3Shape), as well as the connection with CBCT means even more diagnostic potential.

For this reason, Dr. Duret is not overly concerned with the accuracy of the scanner as long as it is good enough. To him, an improvement of microns makes little difference as far as diagnostics are concerned. Color, on the other hand, is then

incredibly important.

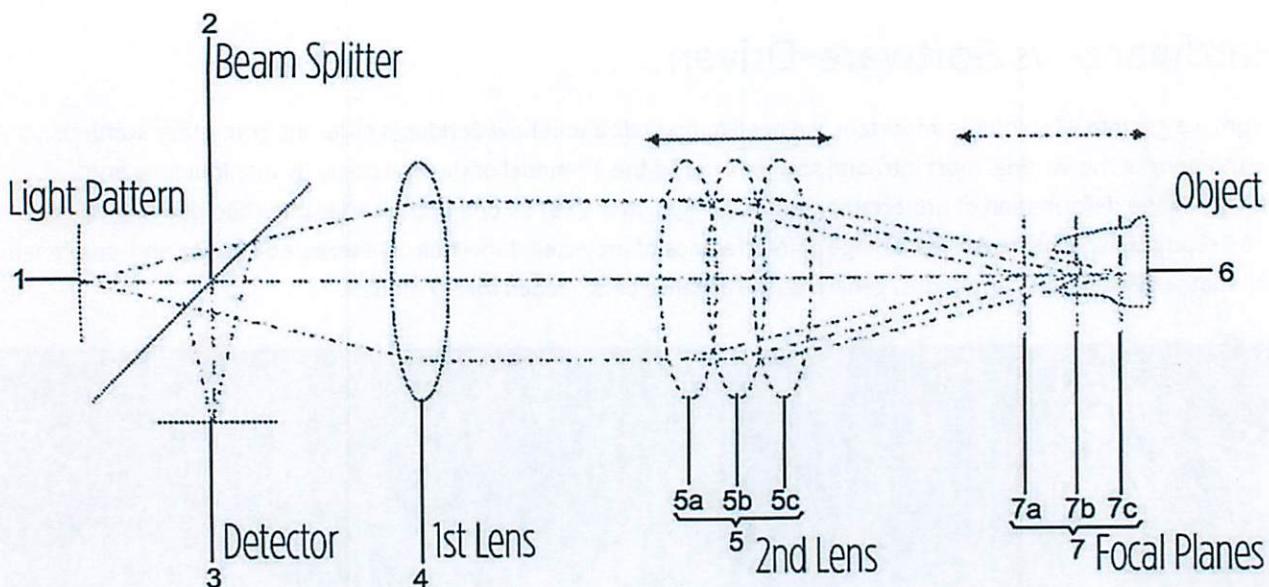
Hardware- vs Software-Driven

Before we get into why color is important, we need to first talk about how Condor is different from other scanners. At the moment of this writing, most intraoral scanners derive the 3D model of the oral cavity by manipulating and measuring the deformation of projected or structural light. In the 1970s, one of the earliest method of doing this was Moiré topography, which takes advantage of interference of projected dark lines on a textured surface and, combined with mathematical transformations, generates the distance data needed for 3D models.



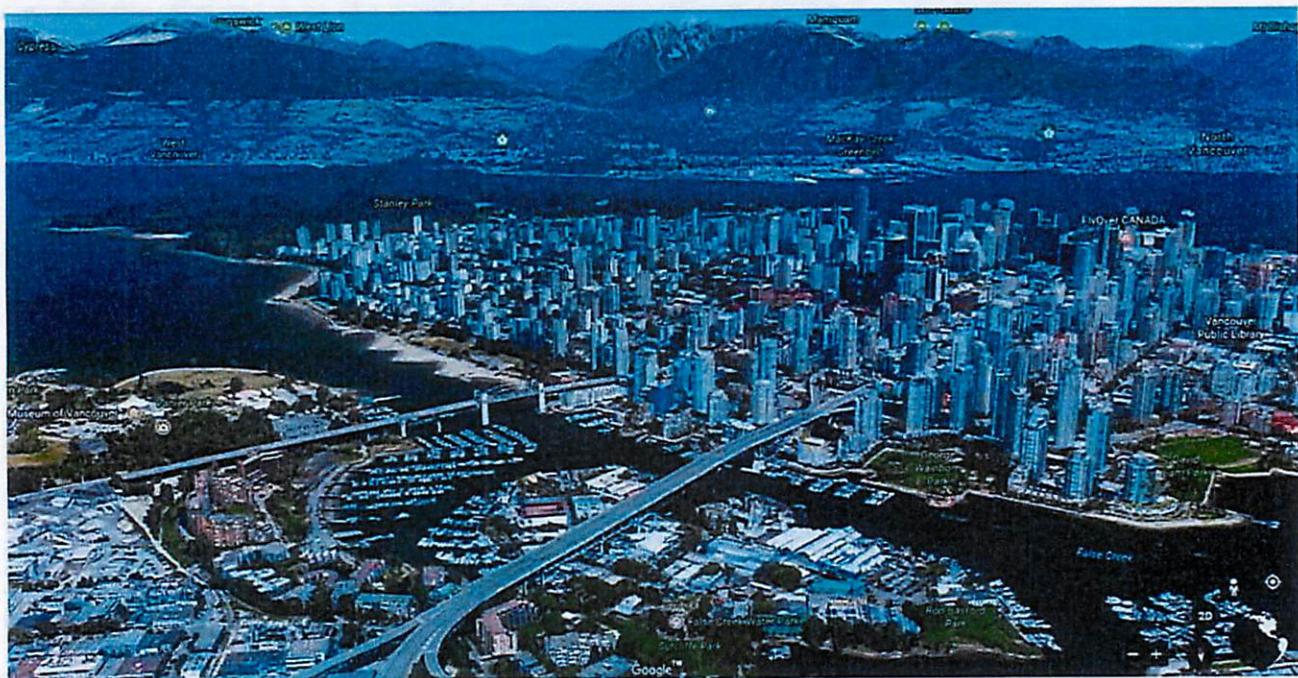
Left: Example of Moiré contour pattern (Takasaki, 1970). Right: Illustration of how the interference patterns are generated in the shadow Moiré technique (US Patent 6731391 B1)

A more modern approach is the confocal microscopy method. Essentially, the camera captures only the parts of the image that are in focus at a predetermined focal length. By rapidly shifting the focal plane, a series of images can be put together to form a 3D model. (Fig) If it sounds complicated, that's because it is. And, according to Dr. Duret, quite a few things can go wrong in the setup: the lens, laser, quality of light, light transmission, mirrors, and mechanisms to move the mirrors, just to name a few. Now imagine having to cram all that technology into the size of a handheld device AND trying to manage an accuracy that is measured in microns. This marvelous feat of engineering necessitates complex hardware, which are ultimately responsible for the high cost and large size of intraoral scanners.



An illustration of a simplified confocal microscopy setup (US Patent 20100085636 A1).

The basic idea behind the Condor scanner is to offload the majority of this complexity into the software, utilizing a concept called **stereophotogrammetry**. This technique is actually already fairly mature, and is what enables Google Maps to generate 3D topography. Using complex math algorithms, photos of an object taken at different angles can be converted into three dimensions. By letting the software do all the work, the scanner can be made drastically more simple than other intraoral scanners.



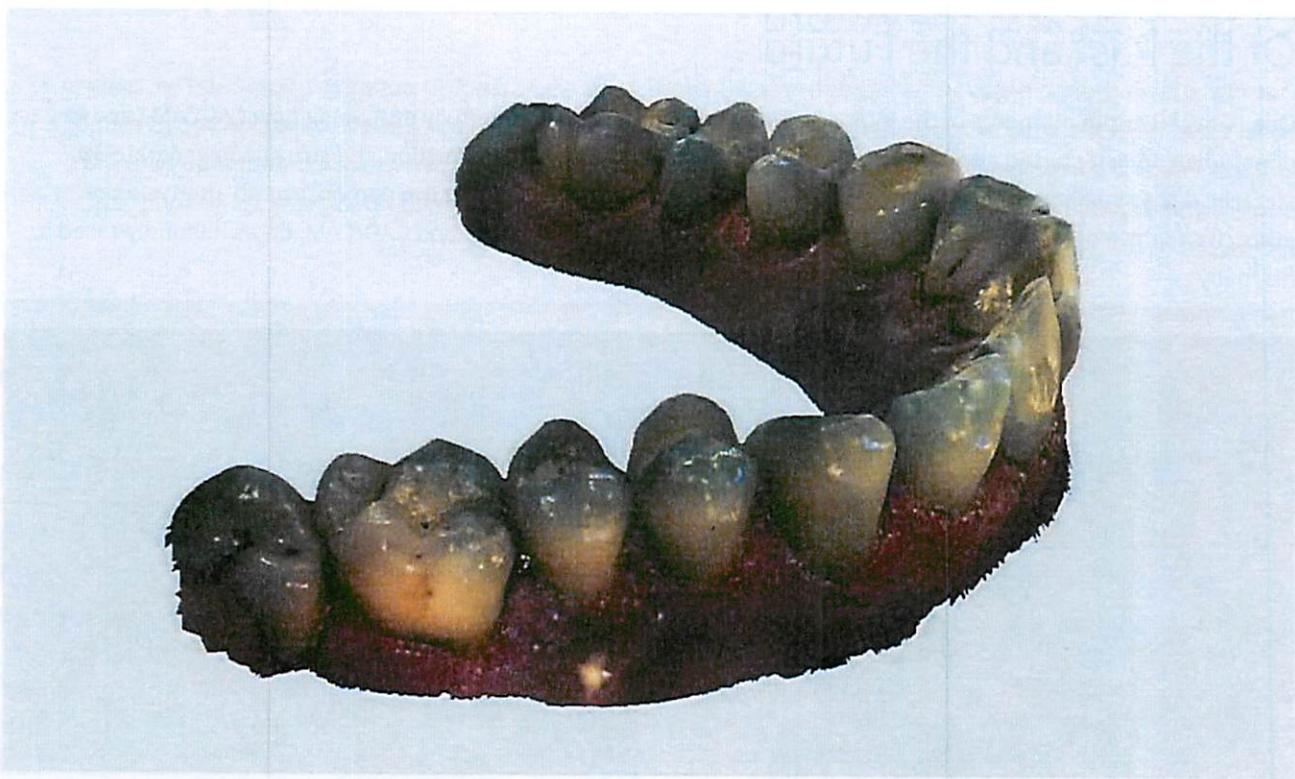
A view of Vancouver City using Google Earth, which generates 3D models using techniques based on the photogrammetry principle.

According to Condor, the technology that dentists are purchasing, in a way, is mostly the software rather than the hardware. While hardware gradually becomes outdated over time, software can be easily updated every few months for fixes and improvements. In addition, patching in new features and functions is also a possibility. In the long run, if the resolution of the scanner head can no longer satisfy the demands of the software, it is also less expensive to replace the hardware due to its simplicity.

No Color, No Condor

Over the last few years, the evolution from gray-scale to colored digital impressions may seem like a reasonable and self-evident progression, but what we saw from IDS this year appeared to suggest otherwise. Out of the eleven scanners we reviewed, four of them did not scan in color. 3Shape also recently released the colorless version of its Trios called Trios Mono, so clearly there is market demand to sacrifice color for a better price tag. In this camp, the prevailing argument is that color information has always been absent on stone models, and so it is not essential.

Trying to formulate a diagnosis using stone models is of course possible for, say, occlusal interferences. But for diseases and soft tissue disorders, color can become quite necessary. For the Condor scanner, color is not only very important, it is vital to the scanning process. The software uses color information in the photos to help determine reference points and calculate topographical features. Because the color is acquired directly, it's primacy also allows the intraoral scanner to produce accurate colors, according to Dr. Duret. This is very different from the likes of other scanners that uses a separate, secondary camera to capture and map the color texture information onto the generated 3D model. For Condor, color is not just an afterthought, it's part of what makes everything work.



View of a sample using the web app from Condor.

"It's difficult to get the same accuracy as the [best scanners] because there is no projection of light, but with less than 50 microns [of accuracy] it is enough... while you give the dentist the truest reproduction of color." Dr. Duret said during the interview. Then he added, "The difference between 20-50 microns is peanuts."

This perspective is perhaps less sought after, especially in contrast with the scan-and-mill utility that most dentists are familiar with, and for good reason. Intraoral scanners, for the most part, are an investment from which returns are expected. Compared with direct monetary benefits from milling your own restorations, diagnostics provide passive benefits that are less tangible and more difficult to quantify. Everyday when I use the CEREC with my remaining arm and leg, I'm deeply aware of the burden of dental economics.

So with a massive price advantage over its competitors, how has the *diagnostic-first* principle of the software-driven Condor fared in reality?

Theory, in Practice

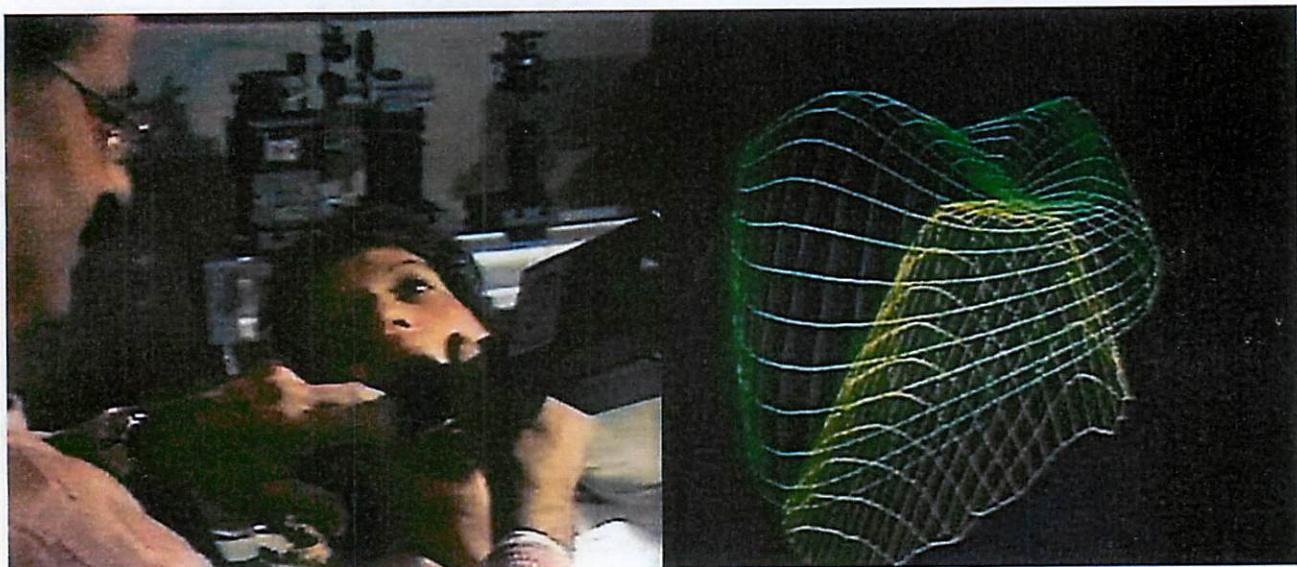
As a new kid on the block, the Condor scanner made waves last year with the unveiling of its small scanner size and realistic colors. Both of these features actually impressed us at IDS, as well as its cleaner-looking reproduction of the oral cavity. But, as I wrote in the review article, the biggest issue with the Condor was its slow speed. Unfortunately for them, the disparity was especially telling because I used the two fastest scanners as benchmark.

With a software-driven framework, it is conceivable that the overall scanning process will improve with smarter algorithms and more powerful computer hardware. As long as the scanner is able to take clear photos, the accuracy limit of the 3D models is theoretically the amount of information contained within each pixel.

The keyword, though, is *theoretically*, and whether your scanner will actually grow with the technology remains to be proven. Though to be fair, the emphasis on software solutions has seen its fair share of successes, from arithmetic calculators to the Tesla automobiles. So at least Dr. Duret team at Condor is standing on the right side of history.

Of the Past and the Future

One of my favourite moments of the interview was when Dr. Duret was cheerfully describing how CAD/CAM used to be done, when he first started all those years ago. The painstaking model reconstruction, the struggle to generate 3D surfaces due to inadequate computing power, and the anxiety of failing the first live demonstration after years of practice and development. There is no hiding of his love for dental technology and CAD/CAM, or, as he fondly called it, his "baby".



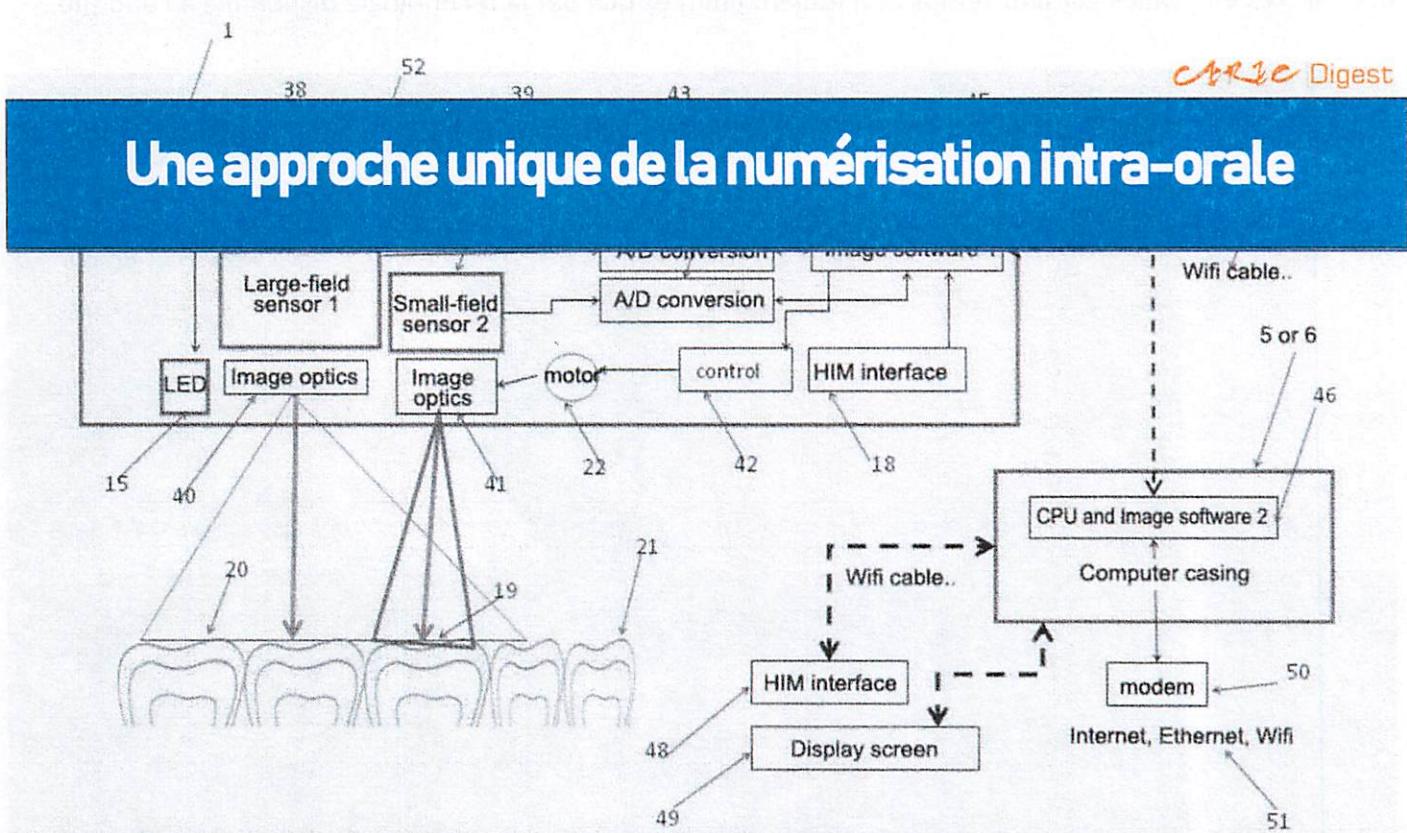
We've come a long way since the olden days. ([Source](#))

As a final question, I asked the good professor what he hopes to see for the future of digital dentistry, and whether the current state has met or exceeded his expectations back when he introduced these concepts all those decades ago. Here is his list of wishes for what's to come:

- Lowering of price [of scanners, CAD software, and CAM hardware]
- Free selection of scanners and milling devices (As a CEREC user, *touche*)
- Standard communication between different software
- Very easy to use and manipulate

And as for the current state of digital dentistry, I think there's no better display of devotion and passion than with Professor Duret's own words:

► REJOINDRE NOTRE DISCUSSION



[Editorial](#)

Une approche unique de la numérisation intra-orale

Notes d'une entrevue avec Dr. François Duret

30 juin 2017 par [Hsuan](#)

La scène était prête. Ce que nous avons vu cette année à l'International Dental Show, et à diverses autres expositions qui ont suivi, a provoqué un changement dans le cours des conversations. Nous ne comparons plus la précision et l'efficacité des scanners intra-oraux avec les empreintes traditionnelles. Nous ne nous demandons plus si les scanners intra-oraux sont viables pour les traitements en prosthodontie, en orthodontie, en chirurgie et autres soins dentaires. Dans le domaine de la CFAO au fauteuil, les professionnels de soins dentaires comparent maintenant ces technologies de numérisation et, franchement, c'est là que les choses commencent à devenir intéressantes.

Lors de l'IDS 2017, nous avons comparé les scanners intra-oraux en fonction de nos impressions pratiques ainsi que de nos interactions avec les représentants commerciaux. Au cours de mes recherches pour la [réécriture de cet article](#), une chose qui a piqué ma curiosité était la méthode d'acquisition d'image utilisée par le scanner Condor. '*Pilotage par logiciel*' était une expression à la mode qui se répandait dans les salons dentaires, mais personne n'a vraiment été en mesure de me fournir une explication technique satisfaisante de ce dont il s'agit et de son importance.

Jusqu'à présent.

Le mois dernier, j'ai eu l'occasion d'interviewer l'un des cofondateurs du Condor Scan, le professeur François Duret, dont le document de 1973, *L'Empreinte Optique*, présentait les concepts de la CFAO appliqués au monde de la dentisterie. Après avoir publié des centaines de documents dans ce domaine, le Dr Duret a été le premier à décrire une solution viable au fraisage de restaurations au fauteuil. Des décennies avant que l'Internet ne soit popularisé, il a imaginé un monde où ces modèles virtuels pourraient être envoyés d'un médecin à l'autre pour une consultation professionnelle. En lisant ses textes, il est évident que ses idées étaient très en avance sur leur temps et n'étaient limitées que par la technologie disponible à l'époque.



L'histoire du premier patient de l'histoire à recevoir des restaurations issues de la CFAO.

Inutile de dire que j'étais à la fois impatient et anxieux lors de la préparation de cet entretien. Bien que j'ai lu et respecté nombre de ses articles scientifiques, je n'ai pas été vraiment admiratif du scanner Condor dans mon article de synthèse. Heureusement, mes inquiétudes se sont révélées totalement inutiles et notre discours a été à la fois très agréable et instructif. Dans cet article, avec l'autorisation du Dr Duret, je voudrais partager ce que j'ai appris sur la philosophie et la technologie du scanner intra-oral Condor.

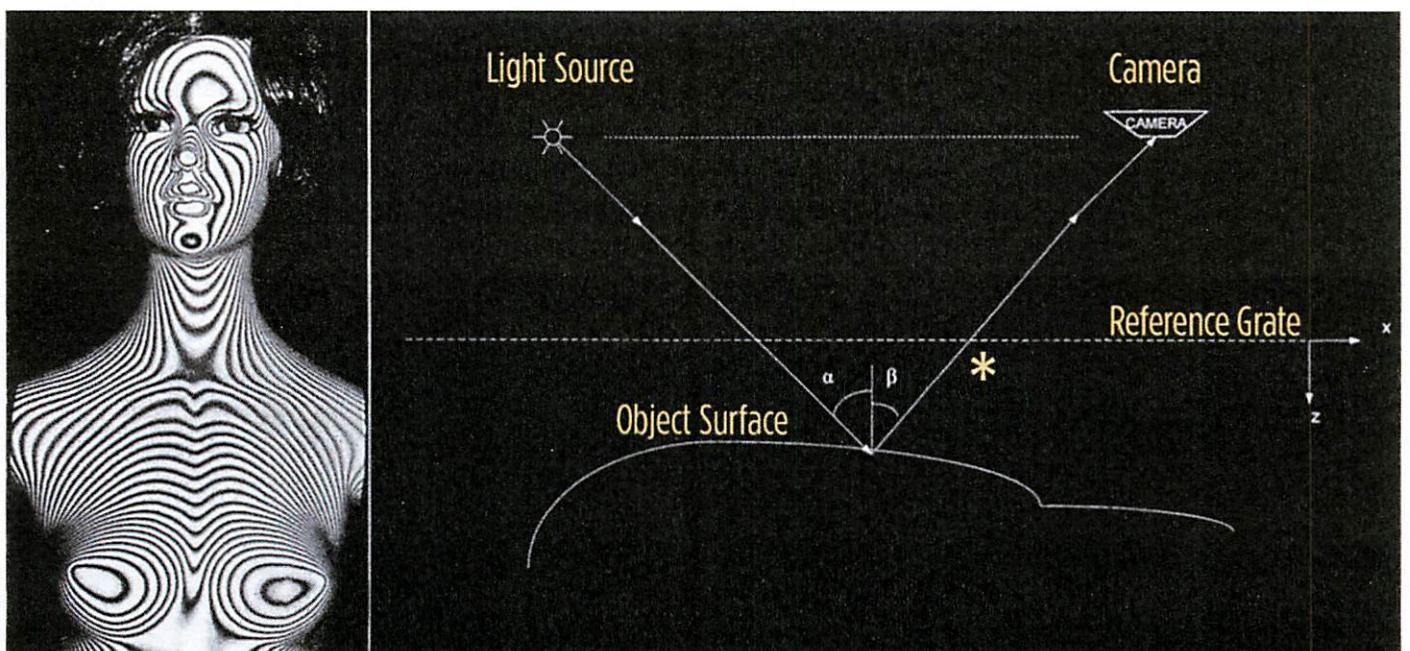
Priorité au diagnostic

Alors que la plupart des dentistes, moi-même compris, envisageons les scanners intra-oraux pour remplacer le porte-empreintes traditionnel, le Dr Duret considère le scanner intra-oral comme un outil de diagnostic avant tout. Pour lui, l'intérêt de pouvoir acquérir une représentation en 3D de la condition buccale réside dans la préservation de l'information et dans son utilité pour la communication avec le patient. Cela n'exclut pas l'application dans l'usinage des restaurations, ce qui est vital pour l'économie des scanners intra-oraux. Toutefois, fidèle à sa vision originale des années 70 et 80, le Dr Duret estime que la connectivité entre les dentistes et les prothésistes est primordiale. De plus, la possibilité d'avoir un historique longitudinal du patient (comme nous l'avons vu dans 3Shape), ainsi que la connexion avec CBCT, implique encore plus de potentiel diagnostique.

Pour cette raison, M. Duret n'est pas trop préoccupé par la précision du scanner, à condition qu'elle soit suffisamment bonne. Pour lui, une amélioration de quelques microns fait peu de différence en ce qui concerne le diagnostic. La couleur, par contre, est alors extrêmement importante.

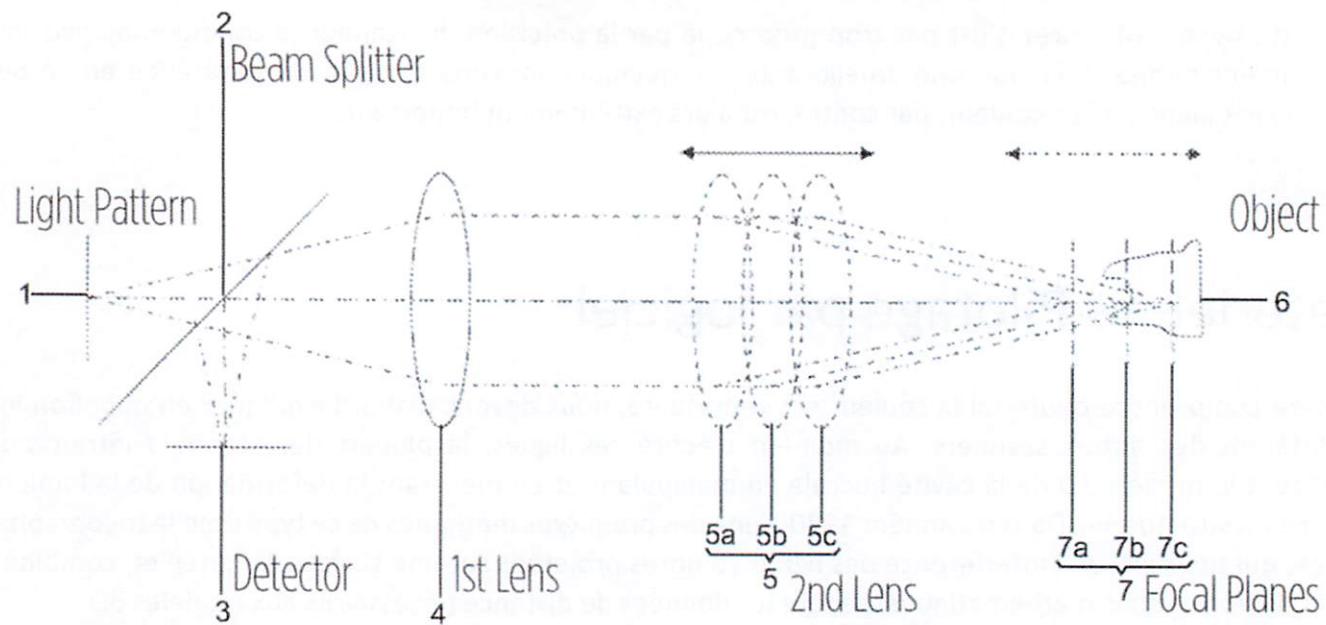
Matériel- vs Pilotage par logiciel

Avant de comprendre pourquoi la couleur est importante, nous devons d'abord expliquer en quoi Condor est différent des autres scanners. Au moment d'écrire ces lignes, la plupart des scanners intra-oraux établissent le modèle 3D de la cavité buccale en manipulant et en mesurant la déformation de la lumière projetée ou structurelle. Dans les années 1970, l'une des premières méthodes de ce type était la topographie Moirée, qui tire parti de l'interférence des lignes sombres projetées sur une surface texturée et, combinée à des transformations mathématiques, génère les données de distance nécessaires aux modèles 3D.



A gauche : Exemple de motif de contour Moiré (Takasaki, 1970). A droite : Illustration de la manière dont les motifs d'interférence sont générés dans la technique Moiré de l'ombre (US Patent 6731391 B1)

La méthode de la microscopie confocale est une approche plus moderne. Pour l'essentiel, la caméra ne capture que les parties de l'image qui sont mises au point à une distance focale prédéterminée. En décalant rapidement le plan focal, une série d'images peut être assemblée pour former un modèle 3D. (Fig.) Si cela semble compliqué, c'est parce que ça l'est. Et, selon le Dr Duret, de nombreux problèmes peuvent survenir dans la configuration: l'objectif, le laser, la qualité de la lumière, la transmission de la lumière, les miroirs et les mécanismes permettant de déplacer les miroirs, pour n'en nommer que quelques-uns. Imaginez maintenant que vous devez intégrer toute cette technologie à la taille d'un appareil de poche ET essayer de gérer une précision mesurée en microns. Cette prouesse ingénierie nécessite du matériel complexe, qui est finalement responsable du coût élevé et de la grande taille des scanners intra-oraux.



Une illustration d'une configuration simplifiée de microscopie confocale (US Patent 20100085636 A1).

L'idée de base du scanner Condor est de décharger la majeure partie de cette complexité dans le logiciel, en utilisant un concept appelé **stéréophotogrammétrie**. En réalité, cette technique déjà assez avancée, permet à Google Maps de générer une topographie en 3D. À l'aide d'algorithmes mathématiques complexes, les photos d'un objet prisées sous différents angles peuvent être converties en trois dimensions. En laissant le logiciel faire tout le travail, le scanner peut être considérablement simplifié par rapport aux autres scanners intra-oraux.



Vue de la ville de Vancouver à l'aide de Google Earth, qui génère des modèles 3D à l'aide de techniques basées sur le principe de la photogrammétrie.

Selon Condor, la technologie que les dentistes achètent est en quelque sorte principalement le logiciel plutôt que le matériel. Alors que le matériel informatique devient progressivement obsolète, le logiciel peut facilement être mis à jour tous les quelques mois pour des corrections et des améliorations. En outre, la création de correctifs avec de nouvelles fonctionnalités est également une possibilité. À long terme, si la résolution de la tête du scanner ne peut plus satisfaire les exigences du logiciel, le remplacement du matériel sera également moins coûteux en raison de sa simplicité.

- Pas de couleurs, pas de Condor

Au cours des dernières années, l'évolution des empreintes numériques des niveaux de gris à la couleur peut sembler une progression raisonnable et évidente, mais ce que nous avons vu lors de l'IDS cette année semble indiquer le contraire. Sur les onze scanners que nous avons examinés, quatre ne numérisent pas en couleur. 3Shape a également récemment publié la version monochrome de ses Trios, baptisée Trios Mono. Il est donc clairement demandé au marché de sacrifier la couleur pour un meilleur prix. En ce sens, l'argument dominant est que l'information sur la couleur a toujours été absente sur les modèles en pierre et qu'elle n'est donc pas essentielle.

Essayer de formuler un diagnostic à l'aide de modèles en pierre est bien sûr possible, par exemple, concernant des interférences occlusales. Mais concernant les maladies et les problèmes des tissus mous, la couleur peut devenir tout à fait nécessaire. Pour le scanner Condor, la couleur n'est pas seulement très importante, elle est également essentielle au processus de numérisation. Le logiciel utilise les informations couleur des photos pour aider à déterminer les points de référence et calculer les caractéristiques topographiques. Selon le Dr Duret, du fait que la couleur est acquise directement, sa primauté permet également au scanner intra-oral de produire des couleurs précises. Ceci est très différent des autres scanners qui utilisent un appareil photo secondaire séparé pour capturer et mapper les informations de texture de couleur sur le modèle 3D généré. Pour Condor, la couleur n'est pas une réflexion après coup, elle fait partie de ce qui fait que tout fonctionne.



Vue d'un exemple utilisant l'application Web de Condor.

"Il est difficile d'obtenir la même précision que les [meilleurs scanneurs] car il n'y a pas de projection de lumière, mais avec moins de 50 microns [de précision], cela suffit... alors que vous fournissez au dentiste la reproduction la plus fidèle de la couleur." a déclaré lors de l'entretien Dr Duret. Puis, il a ajouté: "La différence entre 20 et 50 microns, c'est une bagatelle.

"Cette perspective est peut-être moins recherchée, surtout par rapport à l'utilité scanner/usiner que la plupart des dentistes connaissent et pour une bonne raison. Les scanners intra-oraux constituent, pour la

plupart, un investissement dont les rendements sont attendus en retour. Comparés aux avantages monétaires directs résultant du fraisage de vos propres restaurations, les diagnostics fournissent des avantages passifs moins tangibles et plus difficiles à quantifier. Chaque jour, lorsque j'utilise le CEREC qui coûte les yeux de la tête, je suis profondément conscient du fardeau de l'économie dentaire.

Donc, avec un avantage de prix énorme sur ses concurrents, comment le principe premier du diagnostic du Condor Scan *piloté par logiciel* se comporte en réalité?

De la théorie, à la pratique

En tant que nouveau venu, le scanner Condor a fait des vagues l'année dernière lorsqu'il nous a dévoilé sa petite taille et ses couleurs réalistes. Ces deux caractéristiques nous ont réellement impressionnés lors de l'IDS, de même que sa reproduction plus nette de la cavité buccale. Mais, comme je l'ai écrit dans l'article de synthèse, le plus gros problème du Condor était sa vitesse lente. Malheureusement pour lui, la disparité était particulièrement révélatrice, car j'ai utilisé les deux scanners les plus rapides comme référence.

Avec une infrastructure pilotée par logiciel, il est concevable que le processus d'analyse global s'améliore avec des algorithmes plus intelligents et un matériel informatique plus puissant. Tant que le scanner est capable de prendre des photos nettes, théoriquement, la limite de précision des modèles 3D demeure la quantité d'informations contenues dans chaque pixel.

Le mot clé, cependant, est théoriquement, car si votre scanner peut réellement évoluer avec la technologie, cela reste à prouver. Pour être juste, l'accent mis sur les solutions logicielles a eu son lot de succès, depuis les calculatrices arithmétiques aux automobiles Tesla. Donc, au moins, l'équipe du Dr Duret chez Condor se tient du bon côté de l'histoire.

Du passé au Future

L'un de mes moments préférés de l'entrevue a été le moment où le Dr Duret a décrit avec bonne humeur la façon dont la CFAO était pratiquée, à ses débuts, il y a bien longtemps. Reconstruction minutieuse du modèle, lutte pour la création de surfaces 3D due à une puissance de calcul insuffisante et angoisse de l'échec de la première démonstration en direct après des années de pratique et de développement. Il ne cache pas son amour pour la technologie dentaire et la CFAO, ou, comme il l'appelle affectueusement, son «bébé».



Nous avons parcouru un long chemin depuis cette époque. ([Source](#))

Enfin, j'ai demandé au bon professeur ce qu'il espérait pour l'avenir de la dentisterie numérique et si l'état actuel avait répondu à ses attentes de l'époque, il y a plusieurs décennies, quand il a introduit ces concepts ou si ses attentes ont été dépassées. Voici sa liste de souhaits pour ce qu'il aimerait voir arriver:

- Baisse du prix [des scanners, des logiciels de CAO et du matériel de FAO],
- Sélection gratuite de scanners et d'appareils de fraisage, (En tant qu'utilisateur CEREC, touché)
- Communication standard entre différents logiciels,
- Facilité d'utilisation et de manipulation.

Et pour ce qui est de l'état actuel de la dentisterie numérique, je pense qu'il n'y a pas meilleure démonstration de dévotion et de passion que les propres paroles du professeur Duret:

«J'ai repris mes recherches parce que je n'étais pas d'accord avec le développement du scanner que nous avions il y a cinq ans. C'est pourquoi j'ai recommencé et rejoint l'arène après ma retraite. J'étais très déçu qu'ils ne s'occupent pas de mon bébé. Je suis dentiste et ma priorité est celle du dentiste. Leur priorité est l'ingénierie et le fraisage. Pas celle du dentiste. C'est pourquoi j'ai été très agressif ces dernières années car ma vie avance et je refuse de voir les gens gagner de l'argent sans se préoccuper de l'introduction du numérique. »

Remerciements

À Shane De Vreese pour avoir gracieusement organisé cette interview et, bien entendu, au professeur François Duret lui-même pour une conversation aussi amusante que plaisante.

Références

- ♦ Brandestini, M, Moermann, WH. Method and apparatus for the three-dimensional registration and display of prepared teeth. US patent 4837732 A. June 6, 1989.
- ♦ Duret, F, Querbes, O, Querbes-Duret, V. Three-dimensional measuring device used in the dental field. US patent 20140146142 A1. May 29, 2014.
- ♦ Han, B. Shadow Moiré using non-zero talbot distance. US patent 20070086020 A1. April 19, 2007.
- ♦ Berner, M. Optical System for a Confocal Microscope. US patent 20100085636 A1. April 8, 2010.
- ♦ Bartoněk, L. Computer aided Moiré topography of 3D models of set of teeth. SPIE Digital Library, 2008.
- ♦ The Advantages of Telecentricity. [Imaging Resource Guide](#). Section 5.1



Hsuan est conférencier au CEREC Asia Training Facility. Il est originaire de Vancouver au Canada et est un grand fan de prosthodontie et profane.

"I started again my research because I don't agree with the movement of the scanner we had five years ago. This is why I started again and rejoined the arena after retirement. I was very disappointed that they don't take care of my baby. I am a dentist and my priority is as a dentist, and their priority is engineering and milling. Not dentist. This is why I was very aggressive in the last few years because this is the end of my life, and I refuse to see people only make money and not introduce a digital life."

A Special Thanks

To Shane De Vreese for graciously setting up this interview and, of course, to Professor François Duret himself for such a fun and lovely conversation.

References

- Brandestini, M, Moermann, WH. Method and apparatus for the three-dimensional registration and display of prepared teeth. US patent 4837732 A. June 6, 1989.
Duret, F, Querbes, O, Querbes-Duret, V. Three-dimensional measuring device used in the dental field. US patent 20140146142 A1. May 29, 2014.
Han, B. Shadow Moiré using non-zero talbot distance. US patent 20070086020 A1. April 19, 2007.
Berner, M. Optical System for a Confocal Microscope. US patent 20100085636 A1. April 8, 2010.
Bartoněk, L. Computer aided Moiré topography of 3D models of set of teeth. SPIE Digital Library, 2008.
The Advantages of Telecentricity. Imaging Resource Guide. Section 5.1



Hsuan is a lecturer at CEREC Asia Training Facility. He is from Vancouver, Canada, and is a big fan of prosthodontics and profanity.



SHARE THIS ARTICLE



Leave a reply

[Facebook Comments \(0\)](#) [Default Comments \(0\)](#) [G+ Comments](#)

0 Comments

Sort by [Oldest](#)



Add a comment...

[Facebook Comments Plugin](#)

加入討論