

Navigation dynamique — L'avenir de l'endodontie mini-invasive

Dr Kenneth S. Serota, Canada

Navigation chirurgicale dynamique en temps réel

Les perspectives de développement de la dentisterie sont aujourd'hui bouleversées par l'imagerie, les diagnostics, les empreintes numériques, l'utilisation de la conception/fabrication assistée par ordinateur (CAD/CAM) pour la création de prothèses, et des lasers pour l'augmentation des tissus durs et mous.¹⁻⁵ Cette réalité n'apparaît nulle part plus clairement que dans les principes fondamentaux de l'endodontie.

Grâce aux propriétés de grossissement et d'éclairage des microscopes opératoires chirurgicaux, la préparation des cavités d'accès et des ostéotomies microchirurgicales effectuées sous une navigation à main levée devient de plus en plus précise. Cette précision est à la base d'un processus transformationnel, menant à une préparation plus conservatrice et plus limitée de la cavité d'accès endodontique,⁶ qui préserve ainsi la structure dentaire coronaire et radiculaire en optimisant le point d'entrée du grand axe, l'angulation du foret et le glide path.

Limitations

Malgré ces progrès, les scénarios cliniques endodontiques restent limités lorsqu'un processus sclérogène corono-apical détériore les canaux et réduit l'espace pour l'accès chirurgical. Bien que l'expérience du clinicien joue un rôle favorable, un risque iatrogène est associé aux modifications verticales et latérales de l'angulation du grand axe de la cavité d'accès endodontique. En microchirurgie endodontique, un volume osseux trop petit ou une mauvaise orientation de l'ostéotomie peut provoquer une lésion du nerf alvéolaire inférieur ou une perforation du sinus maxillaire et d'autres structures anatomiques très importantes.^{7,8}

L'apparition de la tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT — fichiers DICOM) et de l'impression 3D a transformé la planification du prétraitement. Les fichiers DICOM sont convertis en fichiers STL, un format utilisé dans les logiciels de stéréolithographie, pour créer des stents de navigation statique (produits par CAD/CAM). Ces stents permettent de guider la préparation de la cavité d'accès ainsi que l'orientation des instruments microchirurgicaux, et par conséquent d'éviter l'élimination inutile des structures dentaires et osseuses (Figs. 1a et b).

La navigation dynamique ouvre de nouveaux horizons aux protocoles endodontiques assistés par ordinateur. La meilleure précision obtenue grâce aux retours d'information en temps réel, réduit l'impact complexe de la préparation de la cavité d'accès de canaux calcifiés, d'un retraitement et des procédures microchirurgicales.⁹⁻¹¹

Toutefois, chaque protocole de navigation comporte des désavantages. La préparation d'un accès dento-osseux et la chirurgie effectuées sous navigation à main levée, sont pilotées par le jugement clinique. La navigation à main levée dépend de la visualisation du tableau anatomique, obtenu grâce aux modèles et aux radiographies. Les procédures sous navigation à main levée, sont beaucoup plus chronophages que sous



Fig. 1a : Stent de navigation statique utilisé pour les préparations de cavité d'accès endodontique. Le stent préalablement planifié ne permet pas de réorienter le foret durant la préparation. Ceci peut avoir des répercussions sur l'accessibilité de canaux calcifiés et sclérosés. (Avec l'aimable autorisation du Dr Paula Villa). **Fig. 1b :** Stent imprimé en 3D pour servir de guide en navigation statique en vue de faciliter le retrait d'un instrument dans la région périapicale. Les stents sont encombrants, volumineux et limitatifs dans les régions postérieures. Une fois planifié, le trajet de l'ostéotomie ne peut plus être modifié. (Avec l'aimable autorisation du Dr Hugo Sousa Dias).

technique guidée, et la détermination de la trajectoire canalaire est plus complexe.

Dans un protocole de navigation statique, les stents stéréolithographiques utilisés requièrent une imagerie CBCT à champ d'exploration moyen. Les empreintes en polysiloxane de vinyle de l'arcade à traiter sont coulées en plâtre-pierre, puis une image numérique 3D du modèle est fusionnée avec les fichiers DICOM du patient. Il est préférable d'utiliser un scanner intraoral.

Dans le cas de la navigation dynamique, la planification virtuelle de la préparation de l'accès endodontique ou de l'ostéotomie peut être affectée par la résolution de l'image CBCT.¹² Les défauts de fabrication des stents de référence intégrés peuvent entraîner une acquisition imprécise des images.

Innovation dans la navigation

La navigation dynamique simplifie la technologie en temps réel guidée par ordinateur, grâce à l'importation de données CBCT. Cette technologie est comparable à l'utilisation du GPS et de toute navigation satellite. Dans ce domaine, un système innovant assisté par ordinateur, Trace et Place (TaP) a été développé par l'entreprise canadienne ClaroNav. La TaP écarte le besoin de stents de référence et permet ainsi d'augmenter la précision de pénétration dento-osseuse. Un système optique (Fig. 2) localise la mâchoire à traiter, grâce à un dispositif appelé tracker-mâchoire, qui est équipé d'un marqueur optique de traçabilité connecté à la mâchoire du patient. Le système localise également un tracker-forage, dont le marqueur optique de traçabilité est fixé à la pièce à main utilisée pour la chirurgie. L'image de la pointe de l'instrument est superposée à l'image CBCT de la mâchoire du patient.

Le niveau élevé de précision offert par la technologie TaP simplifie largement le traitement en cas de préparation limitée d'une cavité d'accès, et minimise la taille de l'ostéotomie nécessaire à l'obtention d'une fenêtre osseuse corticale (pratiquée avec un insert chirurgical ultrasonique pour Piezotome, ACTEON, à haute vitesse). Les inserts ultrasoniques utilisés pour la préparation à rétro des parties apicales radiculaire peuvent également être suivis par le logiciel de navigation dynamique.

Planification du flux de travail TaP et enregistrement du tracé

Selon les estimations, la population mondiale compte 615 millions de personnes âgées de plus de 65 ans.¹³

Avec les années, les dents et les maladies parodontales peuvent avoir une incidence sur la pulpe, les tissus périapicaux et péri-radicaux. L'augmentation de la longévité va de pair avec la mosaïque de plus en plus diversifiée de techniques endodontiques, car l'âge et les traitements induisent des modifications sclérotiques dans l'espace du canal pulpaire. Comme

telle, l'utilisation de la navigation dynamique se révèle très intéressante pour la multitude de protocoles de traitements endodontiques.

Avant la visite

La première étape du flux de travail TaP est l'importation des données CBCT du patient (sous forme de fichier DICOM) dans le logiciel de planification de navigation dynamique, afin d'y enregistrer la dentition. L'écran affiche une vidéo en continu, une vue panoramique, une vue cible, un indicateur de profondeur, une vue vestibulo-



2

Fig. 2 : Le capteur d'un système optique localise le tracker-mâchoire, le tracker-traceur, le tracker-forage et l'instrument.

linguale et une vue mésio-distale (Fig. 3). Le point d'entrée, l'orientation et l'angulation de l'axe, ainsi que la profondeur de la cavité d'accès sont planifiés. Pour les procédures microchirurgicales, la trajectoire de l'insert

du Piezotome repose sur l'ampleur de la pathologie osseuse au niveau de la région périapicale des racines (Figs. 4a-c). La phase de planification peut être réalisée n'importe quand avant la procédure, à condition que

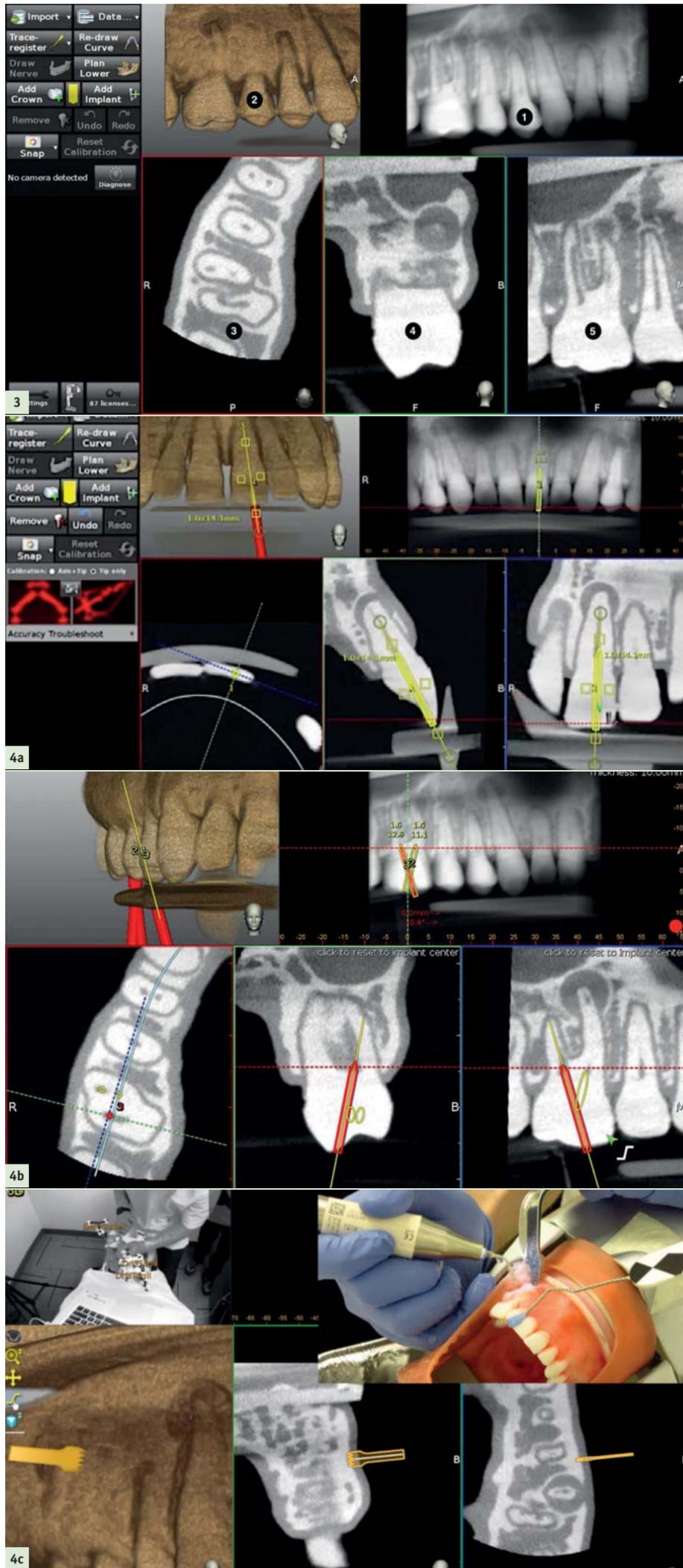


Fig. 3 : L'écran comporte (1) une vue panoramique, (2) une reconstruction 3D, (3) une vue axiale, (4) une vue vestibulo-linguale et (5) une vue mésio-distale. Fig. 4a : L'angulation planifiée de l'axe et l'orientation du foret virtuel sont des facteurs rigoureux pour le ciblage de canaux calcifiés. (Avec l'aimable autorisation du Dr Bobby Nadeau). Fig. 4b : La trajectoire virtuelle en rouge montre un décalage de l'angle. (Avec l'aimable autorisation du Dr Bobby Nadeau). Fig. 4c : Planification de l'insert du Piezotome (Avec l'aimable autorisation du Dr Bobby Nadeau).

PE9, le fauteuil universel

Nouvelle ergonomie.
Plus polyvalent.
Ambidextre.



FABRIQUÉ EN FRANCE

Dispositif médical : Classe IIa – Organisme notifié : SZUTEST (2195) – Fabricant : Airel, France
www.arel-quetin.com – choisirfrançais@arel.com – 01 48 82 22 22

l'image CBCT importée soit conforme à la dentition existant au moment du traitement. Une étape préliminaire avant l'enregistrement du tracé consiste à choisir trois (jusqu'à six) points de départ (repères) et de les positionner sur les dents visibles et accessibles.

L'utilisation de la souris de l'ordinateur sur le modèle 3D fait apparaître une vue en coupe 2D. Un pointeur rouge cible chaque repère et le positionne en son centre (Fig. 5). Le logiciel informe le clinicien en cas de suspicion d'une mauvaise position du repère.

Enregistrement du tracé

Le tracker-mâchoire (mandibule ou maxillaire) ou un tracker-tête (maxillaire uniquement) est fixé à la mâchoire à traiter (Fig. 6). Il doit être noté que le tracker-mâchoire peut être positionné à une certaine distance de la digue en caoutchouc, contrairement à un tracker-mâchoire fixé à un stent de référence, dont le positionnement est plus limité. Après la définition des trois repères, le capteur du système optique localise le tracker-traceur/tracker-forage au fur et à mesure qu'il recouvre les repères présents sur les faces vestibulaires, linguales et occlusales, de manière comparable à celle dont des agents de mordantage ou des colles les recouvriraient. Le logiciel montre le nombre de points de contact sous forme d'un pourcentage (Fig. 7).

Étalonnage du foret

Le tracker-forage est fixé sur le contre-angle, et l'axe ainsi que la pointe du foret sont étalonnés. Le capteur du système optique localise en continu le tracker-forage, et le logiciel affiche l'emplacement et l'orientation du foret ou de l'insert du Piezotome. Le logiciel émet un avertissement si le tracker-forage ou le tracker-mâchoire se trouve à l'extérieur du champ visuel de la caméra (Figs. 8a et b).

Navigation dento-osseuse en temps réel

L'écran de navigation est actif lorsque le système identifie l'instrument étalonné qui s'approche de la mâchoire du patient. La vue cible mesure la distance entre la pointe de l'instrument et l'axe central du point d'entrée de la cavité, le glide path ou l'ostéotomie. La longueur de l'axe central de la procédure planifiée est représentée par le centre de la cible blanche statique, et la pointe du foret est indiquée par la croix noire mobile, qui suit le mouvement de l'instrument. L'orientation en temps réel du foret apparaît sous la forme d'un cône dans le champ visuel. Le cône devient vert lorsque la pointe de l'instrument a pénétré de 0,5 mm et présente une angulation inférieure à 3°, par rapport au glide path planifié ou à l'ostéotomie. Lorsque la pointe du foret se trouve à 1 mm de la portion apicale ou horizontale du repère de profondeur planifié, l'indicateur de profondeur vire au jaune.

La croix mobile et le cône sont suivis tout au long du forage. Le cône devient vert lorsque la pointe de l'instrument a pénétré de 0,5 mm et présente une angulation inférieure à 3°, par rapport au glide path planifié ou à l'ostéotomie. Lorsque la pointe du foret se trouve à 1 mm de la portion apicale ou horizontale du repère de profondeur planifié, l'indicateur de profondeur vire au jaune.

Conclusion

La navigation dynamique est une valeur ajoutée dans le flux de travail numérique. Les protocoles mini-invasifs sont le prochain jalon de la trajectoire de la dentisterie de demain et la navigation dynamique s'avère être le pilote et le co-pilote de ce jalon important dans le traitement des patients. Toute innovation technologique demande une évaluation approfondie des

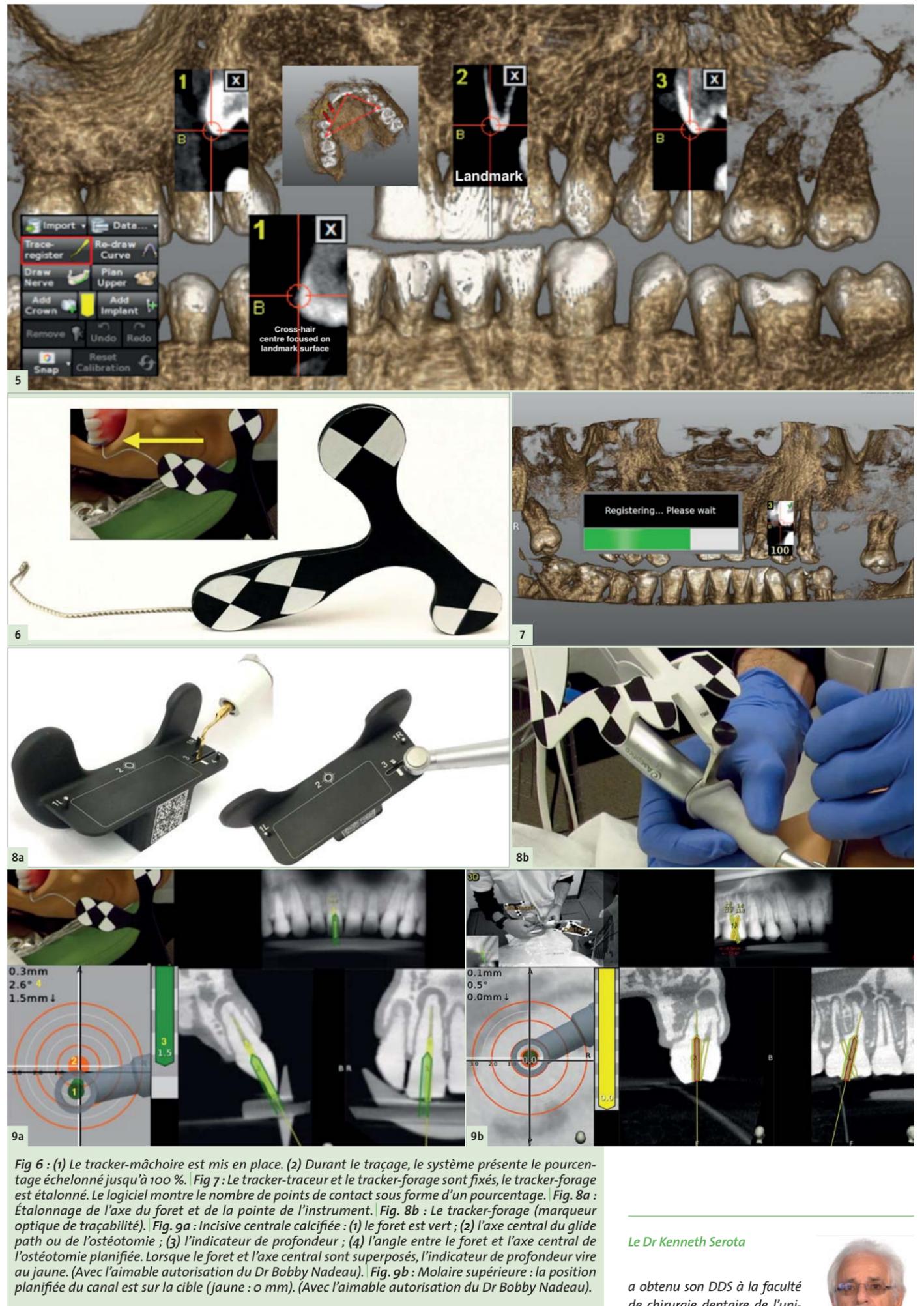


Fig 6 : (1) Le tracker-mâchoire est mis en place. (2) Durant le traçage, le système présente le pourcentage échelonné jusqu'à 100 %. Fig 7 : Le tracker-traceur et le tracker-forage sont fixés, le tracker-forage est étalonné. Le logiciel montre le nombre de points de contact sous forme d'un pourcentage. Fig 8a : Étalonnage de l'axe du foret et de la pointe de l'instrument. Fig 8b : Le tracker-forage (marqueur optique de traçabilité). Fig 9a : Incisive centrale calcifiée : (1) le foret est vert ; (2) l'axe central du glide path ou de l'ostéotomie ; (3) l'indicateur de profondeur ; (4) l'angle entre le foret et l'axe central de l'ostéotomie planifiée. Lorsque le foret et l'axe central sont superposés, l'indicateur de profondeur vire au jaune. (Avec l'aimable autorisation du Dr Bobby Nadeau). Fig 9b : Molaire supérieure : la position planifiée du canal est sur la cible (jaune : 0 mm). (Avec l'aimable autorisation du Dr Bobby Nadeau).

avantages et des inconvénients avant l'acceptation de cette nouvelle technologie en tant que protocole majeur. La phase initiale relève de l'osmose : l'acceptation générale repose sur la diffusion. Les améliorations apportées à la résolution des écrans d'ordinateur, des marqueurs optiques et des structures de référence, sont le signal annonciateur d'un niveau de précision sans précédent dans traitements endodontiques. Dans la norme sociétale, le numérique a supplanté l'analogique et la transition est en cours dans la profession dentaire.

Note de la rédaction : une liste des références est disponible auprès de l'éditeur. Cet article a été initialement publié dans le magazine CAD/CAM-international magazine of digital dentistry, volume 10, numéro 3/2019.

Le Dr Kenneth Serota



a obtenu son DDS à la faculté de chirurgie dentaire de l'université de Toronto au Canada en 1973. Il a obtenu son certificat en endodontie et son Master en sciences médicales au centre de recherche dentaire du Harvard-Forsyth Institute de Boston au Massachusetts, États-Unis. Il se consacre activement à la formation en ligne depuis 1998, est le fondateur du forum ROOTS dédié à l'endodontie (fondé en 2000) et du forum interdisciplinaire the NEXUS. Le Dr Serota est enseignant clinique adjoint au département d'endodontie de l'université de Toronto, où il est chargé des cours de niveau postdoctoral. Il a participé à la rédaction et est l'auteur d'articles cliniques publiés dans le magazine Roots depuis sa création en 2004.