

Le guidage dynamique l'avenir de l'implantologie guidée

Dr Jacques Vermeulen, France



Fig. 1 : Viewing Wand (ISG Technologies). Un montage photos qui illustre cet ancêtre de la navigation dynamique. **Fig. 2 :** NaviBase (Robodont). **Fig. 3 :** MICRONMAPPER (ClaroNav). **Fig. 4 :** Guide statique empilable qui comporte une base métallique pour appui osseux. La prothèse immédiate prête à être posée en fin de chirurgie (Dr Laurent Sers). **Fig. 5 :** La prothèse transvisée est solidarisée au bridge immédiat à l'aide d'une résine auto-photo polymérisable. On note la parfaite émergence des piliers provisoires dans le couloir prothétique (Dr Vincent Roubinet). **Fig. 6 :** Vue occlusale du bridge immédiat, la digue permet d'éviter une fusion de la résine sur la zone de chirurgie (Dr Vincent Roubinet). **Fig. 7 :** Navident 4 (ClaroNav). **Fig. 8 :** X-Guide (Nobel Biocare).

Historique de l'implantologie guidée dynamique

La découverte de la radiographie et les premières applications remonte à 1895. L'imagerie par rayons X a été découverte par Wilhem Roentgen en 1895. Pour la première fois, les chirurgiens pouvaient voir à l'intérieur d'un patient sans l'ouvrir. Cependant, il s'agissait de projections 2D de l'anatomie sur film. Dans les années 1970, Sir Hounsfield a inventé une méthode pour acquérir et traiter numériquement des projections de rayons X dans de nombreuses directions, afin de produire une représentation 3D tranche par tranche de l'anatomie de la tête du patient. Ce nouveau type d'appareil a été initialement appelé tomographie axiale informatisée (CAT), puis abrégé en CT.

Initialement, les chirurgiens du cerveau utilisaient des images CT pour guider les aiguilles dans des endroits spécifiques de la tête, à l'aide d'un guide mécanique sous la forme d'un grand « cadre stéréotaxique » métallique, vissé au crâne du patient. À la fin des années 1980, quatre groupes de recherche différents (à Dartmouth, Aix-la-Chapelle, Tokyo et Vanderbilt) ont développé simultanément et indépendamment des prototypes capables d'enregistrer la tête d'un patient avec ses images de coupe CT, puis de montrer dynamiquement la pointe d'un pointeur mappé à son emplacement correspondant dans ces images. De 1990 à 1994, une équipe basée en Ontario dirigée par Doron Dekel, P-dg de ClaroNav, a développé et lancé le premier produit de navigation chirurgicale, le Viewing Wand (ISG Technologies [Fig. 1]). Par conséquent, l'Ontario est devenue une plaque tournante de la technologie et du savoir-faire en matière de navigation chirurgicale.

Initialement, cette nouvelle technologie s'appelait « stéréotaxie sans cadre », ce qui impliquait que son principal avantage était l'élimination du besoin d'un cadre de tête encombrant. Cependant, il est rapidement apparu que les dispositifs amélioraient non seulement les résultats chirurgicaux en rendant la chirurgie cérébrale plus précise, mais permettaient également à la chirurgie de devenir beaucoup moins invasive, réduisant la morbidité des patients et les risques d'infections. Exposer des tissus pour mieux voir est devenu inutile, voire irresponsable. Au début des années 2000, la navigation chirurgicale est devenue la norme de soins en neurochirurgie et commençait à devenir de plus en plus populaire en chirurgie des sinus et de la colonne vertébrale. C'est à compter de ces années que le développement en implantologie dentaire est apparu.

De 2003 à 2006, deux systèmes d'implantologie dentaire dédiés, Robodont et DenX IGI, ont été introduits sur le marché. Ils n'ont pas été largement utilisés et ont ensuite disparu du marché pour trois raisons principales :

1- les systèmes CBCT n'étaient alors pas disponibles pour fournir aux den-

tistes des données CT de haute qualité à une faible dose de rayonnement ;
2- entre 100-200 K €, ils étaient trop chers pour leur marché ; et
3- les systèmes étaient trop lourds à utiliser et/ou fragiles pour une utilisation clinique quotidienne efficace et prévisible (Fig. 2).

L'heure de la convergence technologique

Vous connaissez tous l'expression « avant l'heure c'est pas l'heure, etc. », elle trouve toute sa véracité dans le domaine de l'implantologie dentaire. J'ai fait partie des premiers utilisateurs de guides statiques dès leur apparition sur le marché dans les années 1999-2000, nous étions considérés à l'époque comme des « piètres praticiens » qui « avaient besoin de guide pour placer leurs implants », par nos confrères qui posaient « à main levée » et sous-entendu n'avaient pas besoin de guide car ils avaient « eux... LE talent ». J'ai pu prouver de manière irréfutable en 2016 dans l'étude que j'ai conduite, que le guidage offrait une précision inaccessible aux plus « talentueux » lors d'une pose à main levée.

Début 2000 il n'était pas encore l'heure pour l'implantologie guidée... !

Il a fallu attendre le développement des CBCT dans nos cabinets à partir de 2011 pour voir « exploser » les systèmes de guidage statique et dynamique. Ces systèmes vont permettre de corréliser avec précision la planification implantaire et la pose d'implants sur patient. Mais là encore, nous étions « avant l'heure c'est pas l'heure », il manquait un maillon indispensable qui allait apparaître, se vulgariser et s'imposer dans les laboratoires et les cabinets dentaires : les scanners intra-oraux, les imprimantes 3D et les usineuses 3D. Si nous rajoutons à ces technologies maintenant accessibles, le scanner facial, la photogrammétrie, l'intelligence artificielle (IA) et les lunettes connectées, nous arrivons à cette « convergence technologique » indispensable au progrès (Fig. 3).

Les guides statiques : pour un à trois implants et à étages « stackable guide » pour All-on-X arrivent à maturité

Les guides statiques à appui dentaire pour un à trois implants offrent depuis 25 ans la garantie de pouvoir placer les implants conformément à la planification. L'apparition des imprimantes dans les laboratoires et dans les cabinets a favorisé leur explosion, grâce à une diminution du coût et des délais de réalisation. Nous sommes passés de plusieurs semaines à quelques heures ! Toutefois leur fabrication est chronophage et demande une expertise surtout pour inclure des bagues titane de guidage qui vont garantir une fiabilité correcte. La presse ne s'y trompe pas, actuellement les publications sont nombreuses. Cela nous conforte dans la nécessité

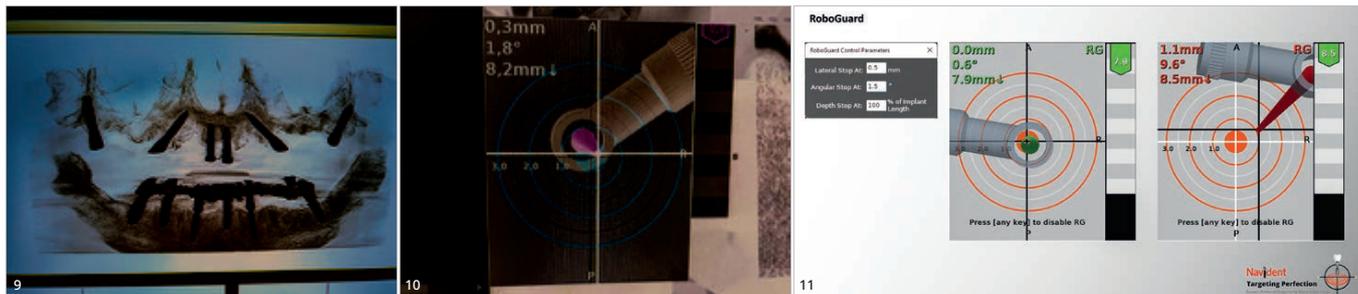


Fig. 9 : Diskimplant (Dr Jacques Vermeulen). **Fig. 10 :** Affichage d'un écran de navigation chirurgicale montrant les paramètres d'alignement d'un foret d'implant, avec des indications pour un placement précis (Dr Jacques Vermeulen). **Fig. 11 :** Écran du système RoboGuard de Navident. Le dentiste définit une tolérance angulaire et de profondeur au-delà de laquelle le moteur stoppe. Le dentiste peut à tout moment désactiver cette fonction (Dr Jacques Vermeulen).

d'obtenir un résultat correct avec l'utilisation de guides statiques. Ils permettent à des praticiens peu expérimentés d'assurer leur geste et de garantir au patient un positionnement implantaire correct.

Toutefois l'implantologie nécessite une formation adaptée car face à un aléas chirurgical le chirurgien-dentiste doit être capable de continuer la chirurgie à main levée. L'implantologie c'est comme le pilotage d'un avion, ce n'est pas parce que vous volez aux instruments que vous pouvez vous passer d'un apprentissage en vol à vue !

Pour les All-on X, les *stackable guide* à appui osseux ou muqueux sont à la « mode ». Excellente solution que ces guides « empilables » pour finir sur une prothèse transvissée instantanée en fin de chirurgie (Fig. 4). Toutefois cette technique comporte des inconvénients, en dehors du tarif qui reste élevé, chaque étage, même, très bien ajusté, emmène sa part d'erreurs (Fig. 5). Ce qui impose lors de la pose de la prothèse provisoire de combler les espaces avec une résine auto-photopolymérisable (Fig. 6). La quantité de résine injectée correspondant à la somme des erreurs « empilables ». Les questions qui m'interpellent sont :

- 1- Le patient apprécie-t-il vraiment après une longue séance de chirurgie la pose de la prothèse avec, passez-moi l'expression, « du bricolage » ? Je le dis avec recul puisque j'ai pratiqué moi-même cette technique pendant de nombreuses années.
- 2- Ne vaut-il pas mieux le revoir quelques heures après, pour une pose d'un bridge PMMA qu'il suffira de visser ?
- 3- En réalité cette technique n'est-elle pas uniquement un faire-valoir du chirurgien-dentiste ?

Les raisons de leurs stagnations à venir

Elles sont dans les réponses aux questions ci-dessus, mais pas que ! Le délai d'anticipation est long entre cinq et dix jours (délai optimiste). Les contre-indications techniques nombreuses : mise en place longue, ouverture de la bouche, perte de la sensibilité tactile de l'opérateur, absence de visibilité de la zone, adaptation aux conditions osseuses rencontrées impossibles, tarif, pollution importante des résines, etc. De mon point de vue, il en ira des guides statiques comme il en est allé des empreintes physiques versus les empreintes optiques, une lente disparition s'étalant sur deux dizaines d'années.

Le guidage dynamique au début d'une nouvelle ère qui conduit à une robotisation partielle

Plusieurs systèmes sont disponibles sur le marché : Navident 4 (ClaroNav (Fig. 7))

que j'utilise en l'absence de conflit d'intérêt, je l'ai acheté ! X-Guide (Nobel Biocare [Fig. 8]), Falcon (Straumann), Dynav (LH DENTAL DESIGN SOLUTIONS), etc. En effet les asiatiques arrivent sur le marché et vont certainement le booster.

La rapidité de mise en œuvre est LE grand avantage de ces systèmes. En effet quelques minutes suffisent pour passer de l'examen endo-buccal, la 3D, une empreinte optique (si nécessaire uniquement pour un STL), à la planification et à la chirurgie implantaire. Sans jouer le chronomètre, on peut raisonnablement annoncer une moyenne de quinze minutes pour couvrir l'ensemble de ces étapes. Les attentes les plus longues étant l'exportation/importation des fichiers DICOM et STL.

La polyvalence du guidage dynamique est l'autre argument majeur pour cet investissement. En effet il faut rajouter à la pose des implants axiaux classiques en *flapless* ou avec lambeau, l'utilisation de la piézo-chirurgie avec les résections apicales, l'ouverture des sinus par voie latérale programmée, l'endodontie, la chirurgie laser YAG, la pose d'implants basaux « Disk-implant » (Fig. 9), des tubéroptérygoïdiens, et des zygomax.

Le guidage dynamique permet de garder le contrôle permanent par le chirurgien-dentiste de son forage, la sensibilité tactile n'est pas altérée, la visibilité du champ opératoire est totale, l'accès dans des espaces réduits comme dans des angulations en reverse, l'utilisation de vos trousses de chirurgie habituelles ou des forets Versah, l'adaptation per-op *in situ* si la planification ne correspondrait pas à la situation clinique, etc. (Fig. 10).

L'évolution de ces systèmes est permanente, grâce à la convergence technologique décrite précédemment. Apparaissent maintenant et pour un investissement faible de quelques centaines d'euros la possibilité de les coupler avec des lunettes connectées qui permettent une vision buccale et sur l'écran en même temps. Vous avez réellement l'impression que vos yeux pénètrent dans le corps humain, vous visualiser tout en regardant en bouche les obstacles anatomiques, c'est bluffant !

Mais où se cache le maillon faible de ces systèmes ? Tout simplement dans l'envers du décor de la pose à main levée guidée dynamiquement. À savoir la possibilité qu'il existe de dévier de son axe et de le visualiser sur écran. Vous verrez en direct votre imprécision et vous pourrez même le revoir car le logiciel Navident garde en mémoire votre intervention. N'est-ce pas le meilleur moyen de progresser ? Apprendre de ses erreurs sans aucune indulgence ! Alors à quand le robot ?

Les raisons de leur développement à venir

Comme je vous l'ai expliqué ces systèmes évoluant en permanence des

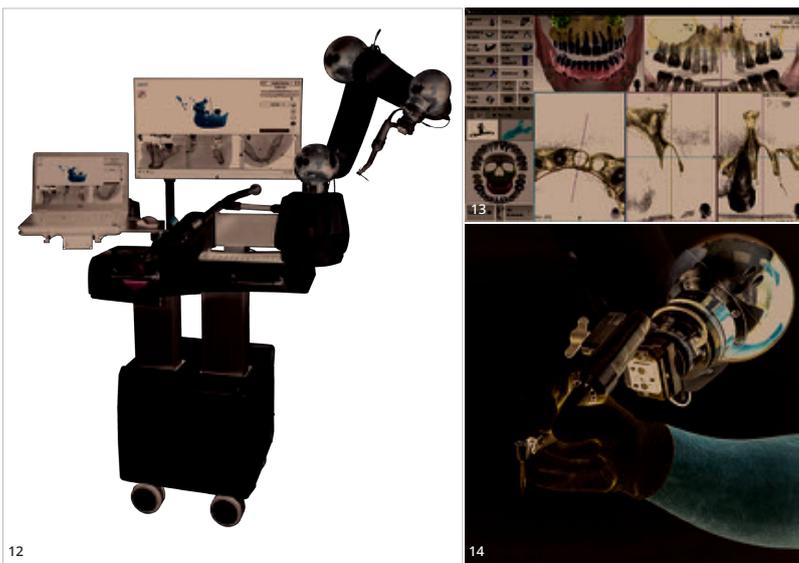


Fig. 12 : Le robot dentaire Yomi, conçu pour assister lors de la pose d'implants dentaires, offrant une navigation chirurgicale robotisée avec un contrôle précis en temps réel (Neocis). **Fig. 13 :** Capture d'écran du logiciel Navident, développement en cours de l'IA pour le tracé du V3, de la courbe panoramique, et de la segmentation (Dr Jacques Vermeulen). **Fig. 14 :** Gros plan du bras robotisé Yomi en action, guidant une main humaine lors d'une intervention chirurgicale dentaire pour un placement précis des implants (Neocis).

« L'avenir ne se prévoit pas, il se construit. » Antoine de Saint Exupéry

développements en bêta-test sont déjà prêts pour pallier à cet inconvénient. Navident propose une interconnection avec votre moteur d'implantologie « RoboGuard » qui stoppe quand vous atteignez la longueur planifiée et quand vous vous éloignez d'une tolérance angulaire (par exemple + / - 5°). La reconnaissance automatique de la longueur des forets est opérationnelle (Fig. 11).

Il n'y a qu'un pas à franchir vers une robotisation et le robot d'implantologie YOMI l'a franchi et est déjà bien implanté aux États-Unis depuis son agrément FDA en 2016. Un des praticiens qui l'utilise au quotidien le Dr Jeremy Thompson nous en a fait la brillante démonstration lors des sessions des DUIJ-MM de Nice et DUIB de Clermont-Ferrand (Fig. 12).

Peut-on réellement parler de robotisation ou d'une aide robotique à la pose ? (exosquelette) C'est le second item qui est le plus proche de la réalité car une fois encore le praticien garde le contrôle et travaille à main levée jusqu'à l'étape du forage. Il n'y a que, quand il a positionné à main libre forets ou implants que le robot « fige » les mouvements et autorise uniquement le mouvement axial vertical au chirurgien-dentiste.

À quand l'introduction sur le marché Européen ? probablement en 2025. L'obstacle le plus important : le prix d'achat et les droits à payer pour chaque intervention sous forme de ticket ou de forfait. Mais pas que ! Il y a aussi à changer les mentalités, car il faudra dépasser les préjugés des patients à se faire opérer par un robot.

Conclusions

La convergence technologique associée à l'IA, va permettre une accélération des pratiques implantaires (Fig. 13). La pose à main levée guidée et assistée par robot représente l'avenir de l'implantologie. Les robots ne remplaceront pas les chirurgien-dentistes mais sécuriseront leur geste et augmenteront considérablement la précision (Fig. 14). Le chirurgien-dentiste Lambda posera aussi bien que le « talentueux » mais il existera toujours une part pour « l'art dentaire » et pour le « talent » qui s'exprimera dans l'élaboration des plans de traitement, dans la recherche esthétique et les concepts prothétiques.

Bibliographie

1 Vermeulen J. The Accuracy of Implant Placement by Experienced Surgeons: Guided vs Freehand Approach in a Simulated Plastic Model. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Mar; Apr; 32(3):617-624.

Dr Jacques Vermeulen



- Docteur en chirurgie dentaire, diplômé de la faculté de médecine (Nice).
- Diplôme universitaire d'implantologie – DUI.
- Diplôme universitaire d'urgences médicales au cabinet dentaire.
- Diplôme universitaire en Implantologie basale – DUIB.
- Compétence en implantologie – AFI-DGIO.
- Mentor de la Simplant Academy, Camlog Academy, Air Liquide.
- Responsable enseignement implantologie guidée dynamique au DUIJ-MM, faculté de médecine Nice-Côte d'Azur.

SEPTODONT - BIOROOT FLOW

BioRoot Flow : La réussite à la portée de tous !



Les laboratoires Septodont se sont lancés pour défi de permettre une utilisation facilitée et reproductible de leurs produits pour offrir à chaque praticien

une expérience quotidienne plus facile. Après la Biodentine XP qui, l'an passé, a été élue Produit de l'année 2024 dans la catégorie consommable, c'est au tour

de BioRoot de s'offrir un nouveau système de distribution avec une formule bonifiée qui s'adapte à toutes les techniques d'obturation canalair (à froid ou à chaud) et à toutes les marques de gutta-percha.

Tout d'abord, sa seringue prête à l'emploi bénéficie d'un design qui a été soigneusement étudié pour une prise en main idéale avec un glissement facilité du piston. L'application est confortable, aisée et précise en bouche. L'embout flexible de diamètre 21G permet une injection optimale du matériau quelle que soit l'anatomie canalair. Sa formule toujours sans

résine évite les contractions de prise qui peuvent laisser des lacunes propices au développement des bactéries. De plus, son pH élevé 8.5-11.5 perdure dans le temps et limite leur croissance.

Ses propriétés physico-chimiques répondent aux critères de qualité édictés par Grossman, entre autres être bioactif, biocompatible, avoir une bonne radio opacité, une bonne fluidité, une faible solubilité et bien évidemment permettre le retraitement. Du fait de ses qualités hydrophiles, le ciment recherche l'eau résiduelle dans les canaux accessoires et les tubuli

pour une obturation étanche. Enfin, ses succès sont cliniquement prouvés. Un essai contrôlé multicentrique de deux ans sur 160 patients a montré un taux de succès cliniques de 91 %*. Ce taux de succès dépasse ceux trouvés dans la littérature, compris entre 82-90 % pour les traitements initiaux et 77-89 % pour les retraitements.

* 24 mois après le traitement, le taux d'efficacité global selon des critères souples était de 91,0 % dans le groupe BioRoot Flow et de 90,4 % dans le groupe BioRoot RCS (p = 0,0003).

ADF STAND 1M08

IPP PHARMA - NAVIDENT 4

Navigation dynamique avec Navident 4

Une machine peu encombrante.

- Tous les accessoires sont auto-clavables et de petite taille.
- Caméra motorisée.
- Possibilité de matcher plusieurs STL.
- Aucune manipulation sur l'ordinateur lors de la chirurgie !

Utilisation : la piézo, édentés complets, endodontie. Il est possible de l'utiliser avec des lunettes de réalité virtuelle.

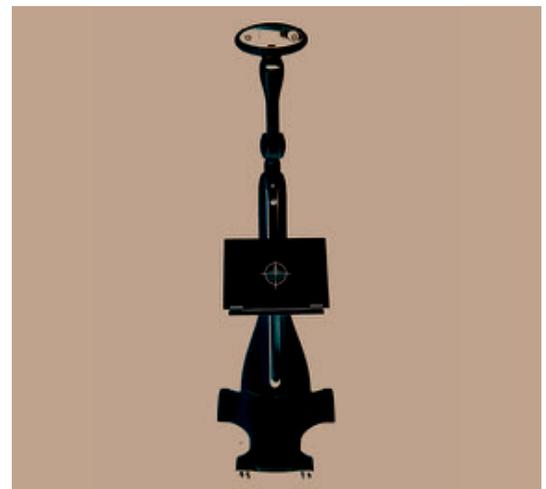
Avantages par rapport aux guides chirurgicaux

- Il n'y a pas d'attente pour la fabrication du guide hors site.
- Il n'y a pas de déception, ni de perte de temps opératoire, ni de risque lorsque le guide ne s'adapte pas parfaitement.
- Les coûts sont inférieurs par rapport à un guide statique.
- Il est possible d'obtenir un meilleur accès dans la partie postérieure de la mâchoire, ou pour les patients à l'ouverture de bouche

restreinte car aucun guide ne gêne le passage de la pointe du foret.

- Il est possible d'ajuster le plan de traitement en per opératoire si besoin.
- Il n'y a pas de perte de retour tactile de la pointe du foret qui se produit lors de l'utilisation de guides physiques.

ADF STAND 3M20



BIEN-AIR - CA 1:2.5

Une innovation Bien-Air ! L'établissement d'un nouveau standard

Découvrez un nouveau monde lorsque vous associez votre contre-angle à grande vitesse avec des fraises de type *latch*. Le résultat est un instrument dont la durabilité est multipliée par deux, démontrant une versatilité et une fiabilité inégalées dans tous les scénarios testés.

Pour vous offrir des contre-angles de haute technologie aux performances

inégalées, la nouvelle version du CA 1:2.5 est désormais compatible avec des fraises chirurgicales extra-longues de 34 mm de type *latch*, faisant de cet instrument la nouvelle référence en matière de chirurgie et de parodontologie. Ce contre-angle peut être utilisé pour une large gamme d'applications : apicectomie, hémisection, allongement de la couronne et extraction de dents de sagesse.

- 1- Robustesse améliorée grâce à la conception unique des fraises de type *latch*.
- 2- Stabilité renforcée et vibrations réduites grâce à la longueur des fraises.
- 3- Vitesse de coupe supérieure et optimisée pour une efficacité exceptionnelle.

Le contre-angle vous sera livré avec un kit de lancement de quatre fraises de

votre choix, type Zekrya ou Lindemann. Vous pourrez ensuite vous procurer les fraises par boîte de cinq.



Commandez en ligne sur www.BIENAIR.com/onlineshop et bénéficiez de -15% de remise additionnelle.

ADF STAND 2L13

HUFRIEDYGROUP - STERIFY GEL

Venez rencontrer HuFriedyGroup pendant l'ADF

Pour découvrir toutes les solutions innovantes de HuFriedyGroup pour être « The Best In Practice », rendez-vous sur notre stand de 45 m². HuFriedyGroup est fier de présenter au marché un nouveau produit innovant, appelé Sterify Gel. Sterify Gel est un hydrogel muco-adhésif polymérique contenu dans une seringue préremplie destiné au traitement des maladies parodontales. Il est conçu pour favoriser la cicatrisation des plaies gingivales et alvéolaires après l'élimination mécanique de la plaque bactérienne et du tartre des surfaces dentaires et implantaires supragingivales et sous-gingivales. L'action occlusive au niveau des poches gingivales

parodontales et péri-implantaires crée un environnement défavorable à la croissance bactérienne et favorise la régénération tissulaire subséquente.

Sterify Gel trouve une application utile dans les cas de maladies parodontales de stade III et IV en tant que traitement adjuvant, après l'élimination mécanique de la plaque et les opérations de lissage des racines dans les poches parodontales et péri-implantaires (détartrage et surfaçage radiculaire). Sterify Gel est un gel unique sur le marché ; il ne contient ni antibiotiques, ni désinfectants, ni antiseptiques. Grâce à ses propriétés viscoélastiques et muco-

adhésives spécifiques, il pénètre facilement dans les zones les plus profondes et les plus difficiles d'accès des poches parodontales et péri-implantaires, adhérant aux tissus gingivaux, à l'os alvéo-

laire, aux surfaces radiculaire et aux implants dentaires, assurant une couverture complète des poches. Après le détartrage ou le surfaçage radiculaire et l'élimination du biofilm, le gel est

appliqué dans la poche gingivale, où il agit comme un agent de comblement pour restaurer le volume, empêchant efficacement et physiquement les bactéries de pénétrer et de réinfecter la poche. Ainsi, Sterify Gel peut protéger mécaniquement les poches traitées et l'os alvéolaire, favorisant la cicatrisation des tissus.

Sterify Gel est un Dispositif Médical de Classe III, certifié CE selon le règlement MDR. L'étude clinique est publiée dans l'*International Journal of Dentistry* et accessible via ce lien : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2024/3113479>.

ADF STAND 1P10

