

I Revues générales

Intérêt de l'ultra haute définition en chirurgie vitréorétinienne

RÉSUMÉ : De même que l'imagerie dans le domaine de l'ophtalmologie est passée de l'imagerie argentique à l'imagerie numérique moderne, la chirurgie ophtalmologique moderne va très certainement bénéficier des mêmes évolutions technologiques, l'amenant à passer progressivement d'une vision conventionnelle à une visualisation numérique du champ opératoire. Cette évolution fera certes face à des obstacles ou freins techniques, mais ces derniers seront sans nul doute levés par les avancées technologiques.

De plus les vastes possibilités offertes par cette technologie en termes d'interfaçage génèrent une dynamique positive pour son essor dans les années à venir. Cet article vise à décrire les évolutions technologiques, les avantages et les limites techniques de la visualisation 3D en chirurgie de la rétine.



F. MATONTI¹, P. GASCON²,
J. CONRATH¹, F. DEVIN¹

¹ Centre Paradis-Monticelli, MARSEILLE,

² APHM, MARSEILLE.

Sous le terme de chirurgie en ultra haute définition se cache la dernière évolution technologique à laquelle nous assistons au sein de nos blocs opératoires, à savoir l'introduction d'écrans 3D ultra haute définition (UHD) permettant une chirurgie "tête haute". Ainsi, les systèmes 3D, dont le système Ngenuity® en est la seule version commerciale aboutie, représentent sans aucun doute une avancée importante dans la visualisation pour la chirurgie de la rétine et ouvrent certainement des perspectives vers ce que sera la chirurgie de demain.

Mais lorsqu'une nouvelle technologie est introduite la création d'une nouvelle terminologie est cruciale, comme nous le rappelle un éditorial récent du Pr Steve Charles dans lequel il nous fait part de ses réflexions à ce sujet.

Ainsi, plusieurs termes sont utilisés de façon vague par rapport à cette technologie, et il est nécessaire de les préciser avant de décrire plus particulièrement cette nouvelle modalité de visualisation peropératoire.

En premier lieu, ce dispositif fournit certes une visualisation 3D, mais les microscopes opératoires permettent eux aussi *via* leurs deux oculaires une visualisation 3D stéréoscopique. Aussi, ce terme de système de visualisation 3D n'est pas totalement satisfaisant.

De même, il permet la visualisation "tête haute", mais les oculaires à inclinaison permettent eux aussi une chirurgie "tête haute" sans réel problème ergonomique à résoudre.

Au contraire, en fait, le système actuel exige une légère rotation de la tête pour que le chirurgien puisse voir l'écran d'affichage chirurgical correctement placé, de sorte que cette nouvelle technologie introduit en fait une nouvelle contrainte ergonomique même si elle est minime.

Lorsque l'on considère ces points, il devient clair que l'utilisation des termes chirurgie tête haute 3D pour décrire cette technologie est une erreur d'appellation.

De plus, le terme de visualisation numérique a été utilisé en référence au système

Ngenuity[®], mais bien que ce terme soit techniquement correct, il s'applique à la mise en œuvre de la technologie plutôt qu'à ses avantages cliniques qui sont par ailleurs considérables. Comprendre la différence entre une caractéristique (visualisation numérique) et un avantage (visualisation améliorée) est important pour évaluer la valeur d'une nouvelle technologie.

Ainsi cet article vise à exposer les caractéristiques et avantages cliniques des systèmes utilisant des écrans 3D en ultra haute définition (3D-UHD) *via* l'expérience du système Ngenuity[®] tout en discutant les limites actuelles.

■ Une ergonomie nouvelle

Le design sans oculaire permet potentiellement d'améliorer la posture et l'ergonomie par rapport à l'usage d'un microscope traditionnel.

En effet, des travaux rapportent les contraintes musculo-squelettiques rencontrées chez les chirurgiens ophtalmologistes, en particulier dans le cadre de la chirurgie vitréo-rétinienne pour laquelle des changements fréquents de focus et donc de position des oculaires sont nécessaires, obligeant à des contraintes cervicales répétées [1-3]. À cela s'ajoute le caractère statique de la position cervicale durant plusieurs heures.

Dans l'étude de Dhimitri *et al.* [1], les auteurs ont constaté que 51,8 % des 697 ophtalmologistes nord-américains interrogés se plaignaient de symptômes au niveau du cou, du haut du corps ou des lombaires. Toutefois, leur étude ne fait pas état de l'implication relative des activités chirurgicales et non chirurgicales dans le déclenchement de ces douleurs.

Même si les oculaires inclinables des microscopes peuvent éliminer la flexion et l'extension du cou, ils imposent une rigidité du reste du rachis.

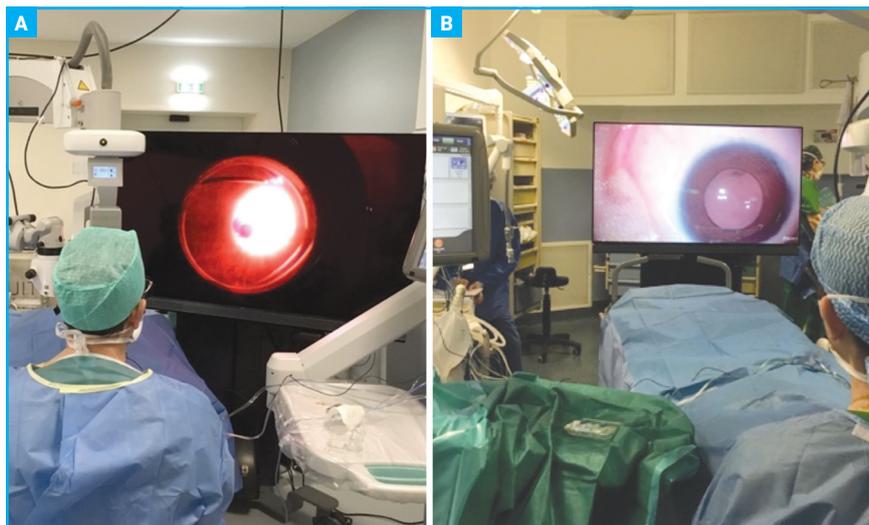


Fig. 1A : Positionnement optimal de l'écran UHD pour bénéficier du meilleur ratio champ visuel/résolution. **B :** positionnement de l'écran UHD au pied de la table opératoire.

Aussi, la liberté de mouvement de la tête et des yeux durant une chirurgie utilisant un système 3D-UHD permet d'améliorer potentiellement cet inconfort comme rapporté par l'étude de Claus Eckardt [4], qui retrouve que plus 90 % des utilisateurs ont préféré l'ergonomie de ce système à celle d'un microscope conventionnel. Cette préférence était particulièrement vraie pour les interventions vitréorétiniennes où la tête du chirurgien reste parfois "fixée" aux oculaires pendant plus d'une heure.

En plus des plaintes musculo-squelettiques, une vision prolongée à travers les oculaires peut chez certains donner lieu à des problèmes d'asthénopie, affectant ainsi le niveau de confort général du chirurgien [1]. Là encore l'étude de Claus Eckardt [4] a constaté que l'utilisation d'un système 3D-UHD causait moins de phénomènes d'asthénopie.

La taille de l'écran peut avoir joué un rôle. La visualisation des images sur un écran de 55 pouces permet au chirurgien de choisir entre des mouvements oculaires et/ou de la tête pour visualiser les différentes parties du champ opératoire, rendant ainsi l'analyse visuelle du champ opératoire plus naturelle.

Cependant, une limite persiste à l'heure actuelle du fait de la colonne optique du microscope située au-dessus du malade. Celle-ci empêche le positionnement de l'écran 3D face au chirurgien au pied du malade, ce qui oblige à légèrement décaler l'écran de quelques degrés sur le côté (10°) afin de ne pas être gêné, la distance idéale de positionnement étant de 1,3 m à 1,5 m (**fig. 1A**). Cependant, dans mon expérience, une très légère translation du chirurgien et un positionnement légèrement décalé du microscope permet de positionner l'écran au pied de la table opératoire et de conserver ainsi un excellent ratio position de l'écran/ergonomie chirurgicale (**fig. 1B**).

Enfin un dernier point d'ergonomie est à discuter, celui des contraintes vis-à-vis du port de lunettes. En effet, les lunettes de correction qui peuvent parfois être gênantes du fait du contact sur les lunettes des oculaires des microscopes ne sont nullement gênantes pour l'utilisation des systèmes 3D-UHD. Les verres polarisés peuvent se cliper sur les montures des lunettes permettant une utilisation simplifiée (**Fig. 2**). De même, le port de verres progressifs n'est pas un facteur limitant avec un écran, ce qui n'est pas le cas avec les microscopes.

I Revues générales

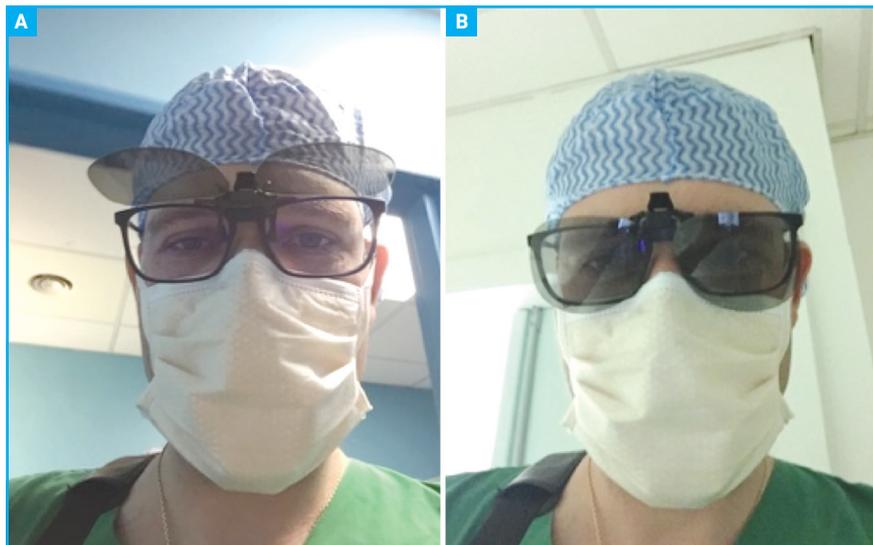


Fig. 2A et B : Verres polarisés clipables sur lunettes de correction.

En dernier lieu, nous pouvons élargir le sujet de l'ergonomie par la possibilité de s'adapter à des patients présentant des limitations musculo-squelettiques sévères (cyphose sévère) [5] ou d'autres problèmes de positionnement (orthopnée). Ainsi, quelle que soit la position du patient, le microscope pourra être positionné de façon à être centré sur l'œil du patient même si les oculaires ne sont plus accessibles au chirurgien [5].

À noter tout de même, quelques points limitants. D'une part, dans le domaine de la chirurgie rétinienne *ab externo*, le maniement de ce dispositif peut être parfois moins aisé et nécessiter une courbe d'apprentissage plus prolongée. En effet, bien que la latence de l'image produite par la caméra pendant les procédures intraoculaires ne soit pas gênante, les mouvements plus rapides des procédures extra-oculaires comme la suture d'un matériel d'indentation peuvent rendre cette latence de l'image plus perceptible pour le chirurgien et donc gênante. Cependant en réduisant la latence initialement de 93 ms à 70 ms actuellement, cette gêne n'est presque plus ressentie pour les procédures sclérales.

D'autre part pour l'aide opératoire, l'ergonomie actuelle n'est pas optimale lorsqu'elle doit maintenir un verre contact puisqu'elle se retrouve tournée à 90° par rapport à l'écran ou doit alors suivre l'intervention de façon classique dans les oculaires prévus pour l'aide. Un second écran 3D serait une solution potentielle pour pallier ce problème.

Profondeur de champ améliorée et champ visuel élargi net en tout point

Par l'utilisation d'une caméra comportant une paire de capteurs couplés en stéréo et des diaphragmes contrôlables, ce dispositif permet d'obtenir une bien plus grande profondeur de champ qu'un microscope opératoire conventionnel. Cette augmentation de la profondeur de champ est une caractéristique intéressante puisqu'elle permet l'utilisation d'un grossissement beaucoup plus important et permet d'obtenir une mise au point optimale sur l'ensemble de l'image opératoire, que l'on soit au centre ou en périphérie. Ainsi, le champ opératoire utile est mieux contrôlé dans son ensemble.

Le système est ajustable et permet de jouer sur l'ouverture de la caméra, donnant ainsi au chirurgien la possibilité de déterminer la profondeur de champ qui lui convient le mieux (en général l'ouverture recommandée pour le diaphragme est de 20 à 30 %).

Cependant, il est nécessaire d'avoir à l'esprit que la fermeture du diaphragme pour augmenter la profondeur de champ a pour effet de réduire l'entrée de lumière dans la caméra. Ce problème est en grande partie compensé par le gain numérique ajustable de la caméra.

■ Illumination peropératoire

L'utilisation de caméras CMOS à haute sensibilité permet d'utiliser des niveaux d'illumination beaucoup plus faibles qu'avec un microscope standard. Dans notre expérience et plus généralement [4], ce niveau d'illumination se situe autour de 20 à 30 % du niveau de lumière maximal de l'appareil de vitrectomie employé et avec une illumination encore plus réduite pour la chirurgie maculaire.

Par ailleurs, même s'il ne s'agit pas de l'objet de cet article, l'utilisation pour la chirurgie du segment antérieur s'en retrouve là aussi nettement améliorée, en particulier lors de chirurgie sous anesthésie topique où le faible éclairage donne un meilleur confort au patient et donc pour le chirurgien lui-même. Le confort chirurgical sur le segment antérieur est aussi amélioré par l'étendue de la profondeur de champ qui est telle que l'image peut être nette de la cornée à la capsule postérieure sans avoir à changer le focus.

De plus, ces faibles niveaux d'illumination réduisent grandement les risques de photo-traumatisme et photo toxicité. Ceci est permis par l'augmentation très importante du gain numérique que le dispositif offre et par la sensibilité des caméras employées.

POINTS FORTS

- La chirurgie vitréorétinienne en ultra haute définition offre une meilleure profondeur de champ et permet un fort grossissement, même au niveau de la macula, tout en conservant une très bonne résolution. Le champ opératoire utile est mieux contrôlé dans son ensemble.
- Des niveaux d'illumination plus faibles sont utilisables et réduisent les risques de photo-traumatisme.
- Ces dispositifs permettent un enseignement chirurgical plus aisé car tout le monde peut voir ce que le chirurgien voit.
- L'écran en UHD permet d'interfacer des données d'imagerie (iOCT) et permettra dans l'avenir d'interfacer des paramètres variés médicaux (RNM, dossier) et chirurgicaux (paramètres de chirurgie).

Il faut noter cependant qu'il est nécessaire du fait de ce gain numérique important d'adapter la position de sa sonde d'endo-illumination. Le niveau de lumière doit être optimisé en rapprochant et en éloignant la sonde de la rétine, en particulier pendant la chirurgie maculaire, ceci afin d'éviter des phénomènes de saturation dans l'image.

Ainsi, une plus grande distance de travail de la sonde d'endo-illumination augmentera le champ d'illumination sur la rétine mais réduira le niveau de lumière, ce qui sera compensé par un réglage du gain plus élevé.

Résolution de l'image améliorée

L'utilisation d'une caméra HD et d'un écran 3D-UHD offre la possibilité d'obtenir une résolution très élevée, ceci permettant de travailler à fort grossissement, ce qui est d'autant plus aisé du fait du gain en stéréoscopie (cf. ci-dessus). Le système Ngenuity®, par exemple, utilise un écran 4k de 55 pouces de résolution totale 3840 x 2160 en affichage au format 3D, mais il faut garder à l'esprit que la résolution monoculaire est moitié moindre (1920 x 1080).

L'optimisation de la visualisation à un grossissement plus important exige que l'on prête attention à une mise au point optimisée en début de procédure.

Réalité augmentée ou améliorée

L'utilisation d'un système de visualisation électronique offre, outre la possibilité de jouer sur la balance du gain et du contraste, d'utiliser des filtres numériques permettant d'appliquer des filtres couleurs à l'image. Ainsi les couleurs peuvent être ajustées pour augmenter le contraste dans certaines situations. Par exemple, l'utilisation d'un filtre jaune-orange rehausse la coloration obtenue par le bleu de Coomassie (Brilliant blue®),

alors que la réduction du gain dans le spectre rouge améliore la visualisation du vitré.

Par ailleurs, sur un écran 16:9, l'image circulaire générée par le fût du microscope laisse de l'espace sur les côtés. Cet espace pourra dans l'avenir être utilisé pour l'incrustation d'informations complémentaires telles que des images numériques préopératoires (OCT, RNM, angiographie, etc.), des données du dossier clinique du patient voire les paramètres de vitrectomie (pression d'infusion, vitesse de coupe, vide, débit, etc.).

Enfin, l'utilisation de microscopes équipés d'OCT (iOCT) permet d'incruster directement l'image OCT sur l'écran permettant une meilleure lisibilité des images et leur enregistrement combiné avec le fichier vidéo de la chirurgie (fig. 3).

Enseignement et communication

Les écrans 3D-UHD permettent à toute l'équipe chirurgicale d'avoir exactement le même champ de vision que l'opérateur avec la même profondeur de champ.

Ceci est particulièrement utile dans le cadre de l'enseignement auprès des internes et des chirurgiens débutants afin de bien comprendre où se situent les instruments dans les différents plans de l'espace lors des différentes étapes chirurgicales [6].

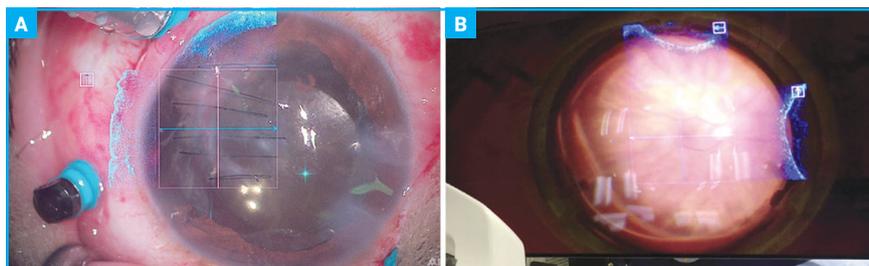


Fig. 3A et B : Incrustation de l'image OCT sur l'écran 3D-UHD (à gauche plaie de cornée suturée sur traumatisme pénétrant ; à droite œdème maculaire résiduel après ablation d'une traction vitréo-maculaire).

I Revues générales

En outre, cette technologie trouve une place intéressante dans le cadre d'enseignements spécialisés pour permettre une diffusion plus rapide de techniques opératoires complexes.

Par ailleurs, à l'usage, le flux de patients pourrait être amélioré par une plus grande implication de l'équipe qui suit l'intervention en direct (panseuse, anesthésiste...).

Enfin, les échanges avec les développeurs de nouveaux instruments peuvent bénéficier de la possibilité de voir en peropératoire leurs dispositifs afin de leur apporter des améliorations nécessaires à une meilleure efficacité et ergonomie.

L'imagerie digitale 3D-UHD peropératoire de la rétine est probablement la modalité chirurgicale incontournable dans l'avenir. En effet, même si ses performances actuelles déjà très intéressantes sont en partie bridées par certains freins techniques, son intérêt et ses potentialités seront sans nul doute encore améliorés dans le futur.

En effet, à l'heure de la multimodalité en imagerie dont bénéficie déjà l'imagerie rétinienne, la chirurgie rétinienne pourra bénéficier par l'intermédiaire de ce type de plateformes de la même multimodalité. L'écran devenant l'interface unique entre les chirurgiens, le patient et les divers instruments médicaux/chirurgicaux.

BIBLIOGRAPHIE

1. DHIMITRI KC, MCGWIN G, MCNEAL SF *et al.* Symptoms of musculoskeletal disorders in ophthalmologists. *Am J Ophthalmol*, 2005;139:179-181.
2. KITZMANN AS, FETHKE NB, BARATZ KH *et al.* A survey study of musculoskeletal disorders among eye care physicians compared with family medicine physicians. *Ophthalmology*, 2012;119:213-220.
3. PEARCE ZD, ZATKIN MA, BRUNER J. Musculoskeletal Disorders in Ophthalmologists After Simulated Cataract Operation: A Pilot Study. *J Am Osteopath Assoc*, 2017;117:749-754.
4. ECKARDT C, PAULO EB. Heads-up surgery for vitreoretinal procedures: An Experimental and Clinical Study. *Retina*, 2016;36:137-147.
5. SKINNER CC, RIEMANN CD. Heads up" digitally assisted surgical viewing for retinal detachment repair in a patient with severe kyphosis. *Retin Cases Brief Rep*, 2016;10.
6. PACKER M. TrueVision 3D HD for teaching and training. *Cataract & Refractive Surgery Today*, 2011;11:41-42.

Les Docteurs Matonti, Devin et Conrath ont déclaré exercer des fonctions de consultant pour les laboratoires Alcon. Le Dr Gascon a, quant à lui, déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.