



Verres individualisés et nouvelles technologies de surfaçage

Les verres progressifs individualisés sont réalisés en associant de nouveaux programmes informatiques de dernière technologie à de nouvelles machines industrielles innovantes (voir Figure 1).

Celles-ci permettent un surfaçage tridimensionnel du verre avec une précision de l'ordre du micron, soit 5 fois plus précisément que le surfaçage traditionnel.

Grace à ces nouveaux procédés, il est maintenant possible de réaliser à l'échelle industrielle des verres totalement individualisés.

ZEISS a été précurseur dans ce domaine, qui dès l'an 2000 a commercialisé des verres progressifs usinés via la technologie numérique.



Figure 1 : machine Schneider CNC

Verre progressif individualisé : vraiment plus proche de la géométrie idéale.

Le verre individualisé est commandé par l'opticien chez le verrier avec la puissance prescrite par l'ophtalmologiste et les paramètres individuels relevés lors de la prise de mesures en magasin : distance verre/œil, angle d'inclinaison du verre, angle de courbure de la face, distance de lecture...

Le verrier intègre ces paramètres spécifiques lors du calcul technique du verre et réalise le produit avec des puissances optimisées pour une position de port effective donnée. Ces puissances optimisées permettent, au final, de livrer des verres avec des puissances effectives perçues par le porteur comme beaucoup plus fidèles à la prescription, lorsque les verres sont montés et portés.

La Figure 2 montre des représentations graphiques des lignes iso-astigmatiques d'une même géométrie progressive. A gauche, est dessinée la géométrie dite « cible » qui est

celle qui a été retenue par la Division R&D comme étant la géométrie idéale à laquelle le verrier doit tendre. Par convention, la puissance est toujours Plan Addition+2.00. Si on utilise une technologie de surfaçage traditionnelle, en partant d'un palet semi-fini progressif, cela veut dire que l'addition est déjà présente en face avant du palet, et que la géométrie progressive est figée. Seule la réalisation de la puissance VL sera réalisée en face arrière.

La « géométrie cible » est donc idéale pour un verre Plan addition 2.00D. Mais force est de constater que 80% des corrections se situent dans une gamme de puissances comprise entre -2.00D et +2.00 D avec un cylindre maximum de +2.00D (gamme aussi connue sous l'appellation ou abréviation S2C2).

Si on considère une puissance donnée, comme +0.50 (+1.50) Add 2.00, alors il suffit de comparer les schémas pour comprendre l'intérêt d'opter pour une technologie de fabrication numérique plutôt que traditionnelle.

Le schéma du milieu présente donc la même géométrie cible qu'à gauche avec une correction donnée : on voit nettement que les courbes d'iso-astigmatisme ne sont plus réparties de la même façon : la zone de VP est plus restreinte, en ZI les astigmatismes de surface sont plus importants et il y a une remontée de déformations en VL.

Grace au surfaçage numérique, sur le schéma à droite, le verre progressif est plus fidèle à la géométrie cible : la zone de VP est identique, les astigmatismes de surface sont réduits dans la partie intermédiaire du verre et la zone VL est même mieux dégagée coté nasal.

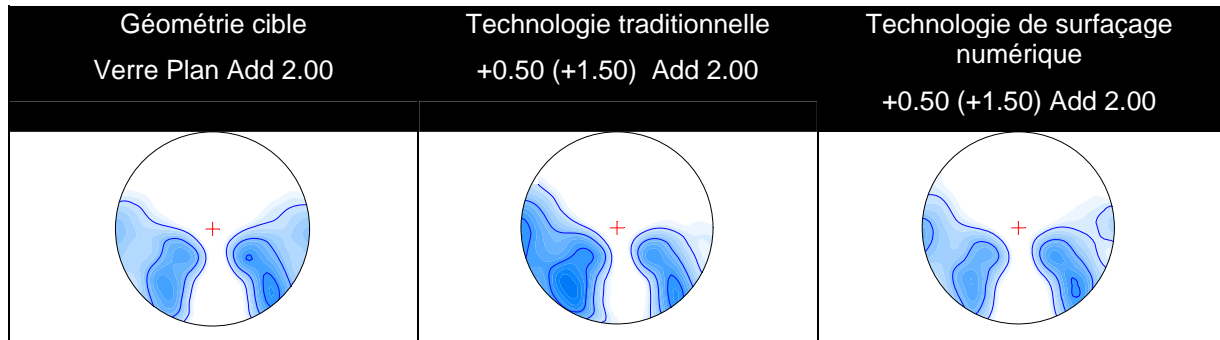


Figure 2 : La technologie de surfaçage numérique restitue pour chaque puissance commandée, des champs visuels plus fidèles à la géométrie cible, quelle que soit la correction prescrite.

Verre progressif individualisé et puissances optimisées vont de pair.

L'exécution d'un verre progressif individualisé est réalisée chez Carl Zeiss Vision grâce au surfaçage en face arrière de la puissance VL et de la géométrie progressive personnalisée, via des machines sophistiquées d'ébauchage et de doucissage numériques.

La face arrière est surfacée en usinage atorique, c'est-à-dire non plus sur deux axes comme un progressif traditionnel, mais sur une infinité d'axes.

Le programme informatique de calcul lié à l'exécution du verre tient compte scrupuleusement de la compensation asphérique nécessaire pour la prescription donnée : chaque rayon de courbure est asphérisé en fonction de la correction exacte du porteur.

Cela permet de fabriquer un verre plus plat et comme la géométrie est plus proche de l'œil, le champ de vision est nettement plus grand et ceci pour toutes les plages de vision.

Enfin, avec le surfaçage en technologie numérique, l'astigmatisme des faisceaux obliques est très fortement réduit, et ceci quel que soit l'indice de réfraction du verre réalisé.

Le verre est encore plus précis dans sa correction car il tient compte non seulement des paramètres morphologiques du porteur mais également de la façon dont il va porter ses lunettes au quotidien.

Pour l'appréciation du bien être visuel au quotidien, il est indispensable que le verre tienne compte des valeurs propres à chaque porteur.

Vision plus précise et plus nette grâce à la technologie de fabrication numérique.

Concrètement, avec une géométrie progressive fabriquée en face arrière, le porteur a une vision plus nette et plus précise.

Comme la surface progressive est élaborée en technologie numérique (ou dite FreeForm), les aberrations et l'astigmatisme indésirable peuvent être gommés en les répartissant sur l'une ou l'autre - ou les deux surfaces du verre - et devenir ainsi infiniment moins perceptibles par le porteur.

En effet, le grossissement de l'image existant entre les différentes plages (VL, VI, VP) est minoré pour deux raisons.

Premièrement, les variations de puissances sur la face avant disparaissent puisque cette face externe est totalement sphérique.

Deuxièmement, comme la surface progressive est réalisée sur la face la plus proche de l'œil, la distance verre/œil est diminuée et ces quelques millimètres gagnés diminuent notablement l'effet de grossissement.

De même, réaliser la géométrie progressive en face arrière permet aussi de diminuer très sensiblement les déformations notamment en latéral : comme la surface sophistiquée est plus proche de l'œil, les effets de tangage sont moins perceptibles.

Les verres ainsi surfacés sont délivrés avec des puissances optimisées.

Les verres d'essai sont différents des verres correcteurs.

L'ophtalmologiste, lors de la réfraction, détermine la puissance nécessaire pour corriger l'amétropie du patient.

La puissance prescrite et la puissance effective réalisée peuvent être différentes car les verres d'essai utilisés pour la réfraction sont très différents des verres qui vont être commandés par la suite.

Les verres d'essai sont d'un diamètre restreint avec une petite ouverture optique, donc moins d'incidence des faisceaux obliques. Leur indice de réfraction est 1.5.

Quelle que soit leur puissance, ils n'ont pas la même épaisseur au centre que les verres à commander car ils sont généralement plan concave ou plan convexe.

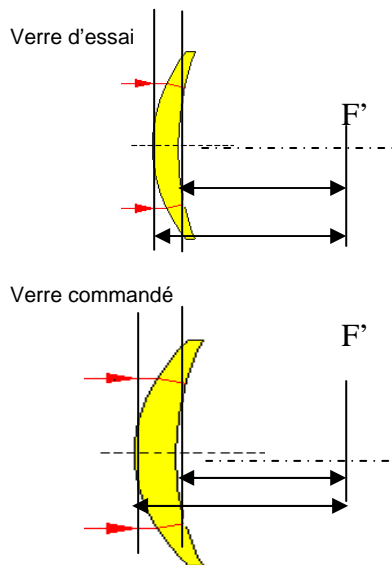


Figure 3 : comparatif entre verre d'essai et verre commandé

Comme démontré sur la Figure 3, par convention les verres d'essai sont positionnés à 13,75 mm des yeux du porteur.

De plus, si comme souvent, la distance verre/œil effective est moindre lors de la réfraction, il conviendrait donc de minorer ou majorer la puissance à prescrire, suivant les facteurs de correction en usage, comme cela se pratique pour les fortes corrections en lentilles de contact.

Les verres correcteurs prescrits sont des ménisques convexes ou concaves. Leur diamètre est de 48mm au minimum, avec un indice de réfraction compris entre 1,5 et 1,74 en matériau organique et de 1,5 à 1,9 en matériau minéral.

Le verre réalisé avec les nouvelles technologies numériques, sera délivré à l'opticien avec des puissances optimisées puisque dans ce mode de calcul, la puissance est réalisée en tenant compte de la distance verre/œil, de l'angle d'inclinaison des verres et de la courbure de face de la monture, telles que mesurées « in situ » par l'opticien sur le porteur lui-même.

La puissance optimisée (ou puissance d'usage) relevée au frontofocomètre sera différente de la puissance commandée.

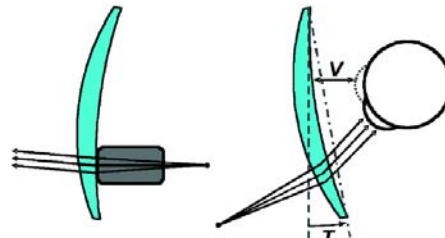


Figure 4 : positionnement du verre sur un frontofocomètre et sur une monture

La puissance contrôlée au frontofocomètre est donc la puissance dioptrique du verre au point de mesure de référence (cercle de référence de contrôle VL ou VP). Et la puissance optimisée est la puissance dioptrique effective du verre pour un port donné.

Les mesures au frontofocomètre présentent de légères variations par rapport aux puissances de sphère, de cylindre et d'addition prescrites et commandées.

En effet, le verre est posé perpendiculairement sur le support de l'appareil, alors que le verre est d'ordinaire légèrement incliné en position naturelle de port entre 8 et 10° (voir Figure 4).

Pour mémoire, Zeiss a été le premier verrier à mettre en place « les puissances d'usage » pour la VP sur les verres bifocaux Duopal en 1972.

Grace à la technique de surfaçage numérique, qui permet de sculpter le verre avec un degré de précision de l'ordre du micron, le verre est fabriqué pour correspondre exactement à la puissance prescrite, selon la position de port de l'utilisateur.

Les verres livrés peuvent aisément être contrôlés en se référant à leur pochette respective, qui reprend à la fois les puissances optimisées livrées et les puissances commandées.

Bien évidemment les normes de tolérance ISO s'appliquent aux valeurs optimisées.

Mesurer la juste distance verre/œil garantit une vision précise.

La distance verre/œil influe sur la puissance: plus elle est importante, plus on défocalise : le système optique devient plus convergent (voir Figure 5).

Un verre concave aura donc une puissance légèrement inférieure à celle prescrite, un verre convexe sera légèrement plus convergent.

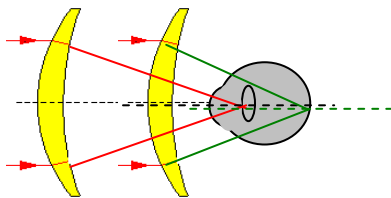


Figure 5 : Distance verre/œil

P en D. P prescrite	P exprimée en fonction de la DVO			
	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm
-10,00	-10,2	-10,00	-9,8	-9,62
-8,00	-8,13	-8,00	-7,87	-7,75
-6,00	-6,07	-6,00	-5,93	-5,86
-4,00	-4,03	-4,00	-3,97	-3,94
-2,00	-2,01	-2,00	-1,99	-1,98
+2,00	+1,99	+2,00	+2,01	+2,02
+4,00	+3,97	+4,00	+4,03	+4,07
+6,00	+5,93	+6,00	+6,07	+6,15
+8,00	+7,87	+8,00	+8,13	+8,26
+10,00	+9,8	+10,00	+10,2	+10,42

Figure 6 : influence de l'angle pantoscopique sur la DVO

Dans le tableau ci dessus (Figure 6) on peut constater que la puissance prescrite est strictement égale à la puissance exprimée si et seulement si la Distance verre/œil est égale à 12mm.

Mesurer le juste angle d'inclinaison garantit un champ de vision de près de qualité.

Les verres sont calculés pour respecter la règle de ponctualité voulant que l'axe du verre passe par le centre de rotation de l'œil. En règle générale un adulte a un abaissement de la direction principale du regard par rapport à l'axe horizontal compris entre 8 et 12° : il faut donc incliner la monture de la même valeur et décentrer le verre vers le bas.

Cette règle simple doit être appliquée pour tout montage de verre de type unifocal.

Dans la pratique, cette règle n'est bien souvent mise en œuvre que pour l'adaptation de verres asphériques.

L'inclinaison des verres permet de ne pas augmenter la distance verre/œil quand le porteur baisse le regard pour voir de près, et donc de conserver la même paire de lunettes pour voir net de loin comme de près.

Grâce au schéma (Figure 7) pour une même distance verre/œil, en faisant varier l'angle pantoscopique du verre, on visualise plus aisément ce phénomène.

Si l'angle d'inclinaison est inférieur à 10°, la distance verre/œil augmente en proportion et le champ de vision en VP se restreint.

En octobre 2000 ZEISS lance le premier verre progressif individualisé.

En fait, l'individualisation existe concrètement depuis l'utilisation au niveau industriel de nouveaux outils de surfaçage numérique, ultra-précis qui sont apparus sur le marché depuis 2000.

Dans un premier temps, cette technologie dite « Hard Cut to Polish » a permis de surfer numériquement les verres progressifs en partant de palets semi-finis, l'étape de polissage étant réalisée en mode traditionnel, avec des outils d'aluminium, la précision des verres étant alors de 1/200^{ème}.

Puis la technologie « Hard Soft to Polish » a permis de remplacer les outils d'aluminium par des outils souples, la précision des verres passant alors au 1/1000^{ème}. Mais la matière d'œuvre restait le semi-fini progressif.

Les programmes informatiques relayant des calculs mathématiques de pointe intégraient déjà toutes ces avancées depuis de nombreuses années.

Et l'individualisation de surfaces progressives existait de fait, mais uniquement dans les laboratoires de R&D sur de faibles volumes et pour des puissances standardisées.

A l'époque, ce calcul exigeait plus d'une dizaine de minutes... pour un seul verre.

Le défi consistait à calculer puis générer une géométrie progressive correspondant à une géométrie cible, tout en tenant compte des corrections tant VL que VP d'un porteur donné. C'est-à-dire de réaliser à l'unité un calcul de surfaces complexes, de générer un fichier de points transférable à l'unité de production pour réaliser un verre en partant d'un palet non plus progressif mais unifocal. Tout en garantissant la bonne exécution des process en mode industriel, sur de gros volumes, en mettant en place notamment toute une batterie d'outils complémentaires, notamment en termes de contrôle.

C'est la technologie de fabrication numérique associée à un calcul unique qui crée l'individualisation du verre.

Ces technologies de surfaçage sont récentes et faute d'explications de la part des fabricants, peuvent être sources de raccourcis pour le moins erronés. L'amalgame est facile.

Il est bon de rappeler que la technologie numérique n'est qu'une méthode, de très haute précision certes, de surfaçage de verres optiques. Mais juste un mode de production...

L'individualisation est avant tout, le fait du calculateur de surface qui lui seul conçoit et génère la géométrie personnalisée des verres calculés à la paire, et ensuite transmet les données au générateur numérique de surface. Les deux outils sont néanmoins indispensables et intimement liés dans le processus d'individualisation.

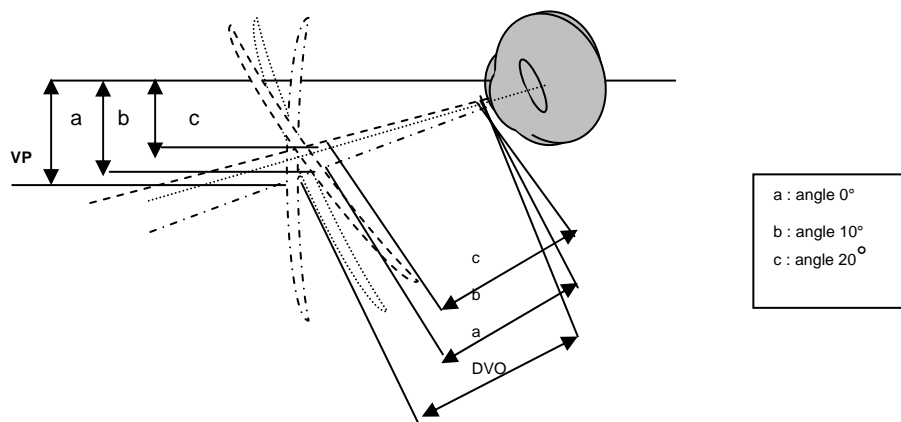


Figure 7 : tableau comparatif de la puissance selon la DVO.

En conclusion, les puissances du verre individualisé sont optimisées pour être plus fidèles à la réfraction initiale et à la prescription, en termes de puissance effectivement perçue par l'utilisateur.

Le groupe Carl Zeiss Vision, fort de son antériorité et de son expérience dans le domaine de la conception de surfaces individualisées, prend en compte les besoins physiologiques des porteurs et les contraintes optiques liées à la fabrication des verres sophistiqués.

Il propose depuis longtemps des verres à puissances optimisées pour une satisfaction optimale du prescripteur, de l'opticien et du porteur et a été le premier verrier à commercialiser un verre progressif individualisé (Gradal® Individual de ZEISS).