

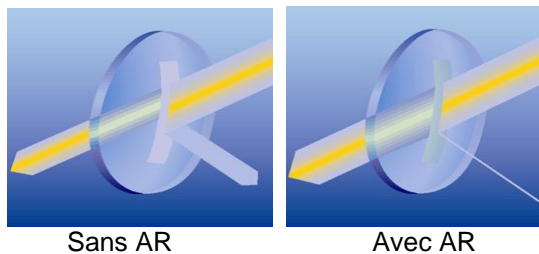
**LES TRAITEMENTS DE SURFACE SUR VERRES OPHTHALMIQUES**  
Informations pour les étudiants réalisant un Travail d'Initiative personnelle Encadrée (TIPE)  
et concours aux grandes écoles

La vue est un des cinq sens les plus sollicités par l'homme, la lumière n'étant que la partie visible du spectre électromagnétique. Ainsi l'œil humain perçoit-il comme des couleurs les différentes longueurs d'ondes de la lumière. La sensibilité spectrale de l'œil pour les différentes couleurs se situe entre 380 et 780 nm et a été normalisée par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), organisme reconnu par l'ISO.

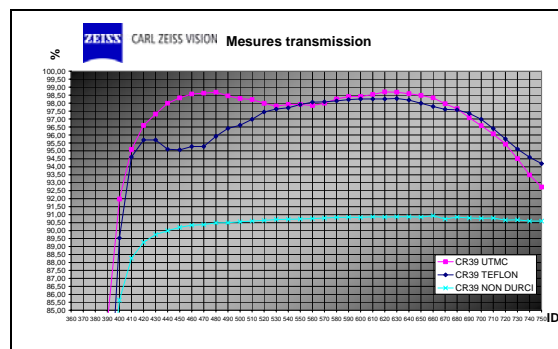
L'œil humain ne peut voir que le spectre visible (situé entre les rayons ultraviolets et infrarouges). Si on convertit cette section d'ondes en tableau, on constate qu'un verre non traité a une réflexion égale sur tout le spectre visible. Par exemple un néon sur un verre blanc se réfléchit en blanc, ce qui est normal car toutes les longueurs d'ondes sont les mêmes...

**L'UTILITE DES ANTIREFLETS**

- accroître les performances optiques des verres
  - améliorer la transmission lumineuse
  - augmenter les contrastes en supprimant les images fantômes (notamment en conduite de nuit)
  - protéger l'œil des rayonnements nocifs : UV , IR, et lumière bleue
- et d'une manière générale augmenter la qualité de la vision.



En effet lorsque le verre n'est pas traité antireflets, les reflets sur les deux faces provoquent une diminution de la quantité de lumière transmise à l'œil du porteur entraînant une diminution notable des perceptions des contrastes et de la détection des mouvements.



Le traitement antireflets réduit la gêne et la fatigue oculaire en supprimant les reflets parasites. Ces reflets gênent la transmission lumineuse et provoquent inconfort, migraine et fatigue oculaire notamment chez les personnes travaillant sur écran et sous les néons. Les images ou reflets fantômes particulièrement gênants pour les porteurs de verres progressifs sont donc supprimés.

L'acuité visuelle, plus particulièrement l'acuité en vision nocturne est améliorée pour la plus grande satisfaction des porteurs qui conduisent de nuit lorsqu'ils sont équipés de verres traités.

La définition des contrastes et la perception des mouvements sont amplifiées avec ces traitements. C'est un avantage essentiel pour les porteurs presbytes, les personnes atteintes de cataracte, DMLA ou ayant une faible acuité.

**Comment fonctionne un traitement antireflet ?**

Les traitements antireflets sont réalisables grâce au système ondulatoire de la lumière et en utilisant le principe de destruction d'interférences. Basé sur le principe de l'élimination de la lumière réfléchi permet de supprimer les reflets en faisant interférer les rayons – qui doivent à la fois être en opposition de phase et de même amplitude.

Ainsi, les intensités lumineuses seront nulles. Pour éliminer la réflexion résiduelle, on joue sur les interférences des couches additionnelles de fluorure de magnésium. L'alternance très complexe des couches d'indice de réfraction différentes permet

## Les traitements de surface chez Carl Zeiss Vision

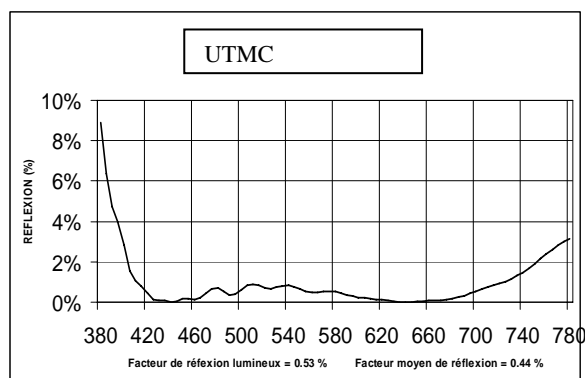
Janv. 2010

d'obtenir un dernier train d'ondes réfléchies d'amplitude pratiquement nulle.

Aujourd'hui, les traitements anti-reflets sont de préférence dits « multicouches » : ils agissent sur un large éventail de couleurs et diminuent la surface de réflexion. Il faut donc étudier le traitement sur toute la largeur du spectre visible.

Quand la courbe de transmission du traitement multicouches dessine un « W » avec la pointe dans le vert, alors la forte baisse de réflexion s'exerce sur l'ensemble du spectre.

Tous les antireflets ont sensiblement le même coefficient de réflexion qui avoisine les 0,7. La différence se fait sur le facteur de réflexion spectrale dans le domaine de longueurs d'ondes compris entre 400 et 700 nm. Il faut donc comparer les courbes



La lecture de la courbe permet de comparer et d'apprécier l'efficacité de l'UTMC. Plus le facteur de réflexion dans le spectre est faible, meilleure est la transmission, ce qui place ce traitement parmi les meilleurs de sa catégorie.

Son excellente transmission (99% de la lumière traverse le verre) offre une qualité irréprochable et améliore la performance des verres sophistiqués :

- hauts indices,
- progressifs
- asphériques...

### PLUS L'INDICE AUGMENTE, PLUS LA TRANSMISSION DIMINUE

Le calcul de ces valeurs de réflexion fait appel aux mathématiques complexes, mais on peut simplifier ces calculs en ignorant les effets d'angle d'incidence et de la polarisation par exemple en prenant comme unité l'indice de réfraction de l'air.

L'indice de réfraction du verre appelé « n » est défini comme le ratio entre la vitesse de la lumière dans le vide divisé par la vitesse de la lumière dans le matériau optique concerné. La 1<sup>ère</sup> formule donne le taux de réflexion « R<sub>S</sub> » sur une seule face et la 2<sup>ème</sup> formule « R<sub>T</sub> » celui pour les deux faces, partant du principe qu'il n'y a pas d'absorption interne du verre

$$R_S = (n-1)^2 / (n+1)^2$$

$$R_T = 2R_S / (1-R_S)$$

Matériau	Indice « n »	RS	RT	Transmis- sion « T »
CR 39	1.498	4,0%	7,6 %	92,4%
Min 15	1.523	4,3%	8,2 %	91,8%
Min 16	1.6	5,3%	10,1 %	89,9%
Min 17	1.7	6,7%	12,6 %	87,4%
Min 18	1.8	8,2%	15,1 %	84,9%
Min 19	1.9	9,6%	17,6 %	82,4%
Diamant	2.417	17,2 %	29,3 %	70,7%

Le tableau 1 montre l'indice de réfraction « n » du matériau, le taux de réflexion d'une face « R<sub>S</sub> », le taux total de réflexion des 2 surfaces et la transmission lumineuse du verre « T » pour des matériaux optiques standards.

La lumière réfléchie augmente avec l'indice de réfraction du verre, c'est à dire que les reflets sont plus gênants lorsqu'on emploie un matériau dont l'indice est plus élevé.

Fonction des indices de réfraction des verres optiques, la perte de transmission (ou % des reflets) peut être moyennement à fortement élevée, suivant la formule

$$R = (n-1)^2 / (n+1)^2$$

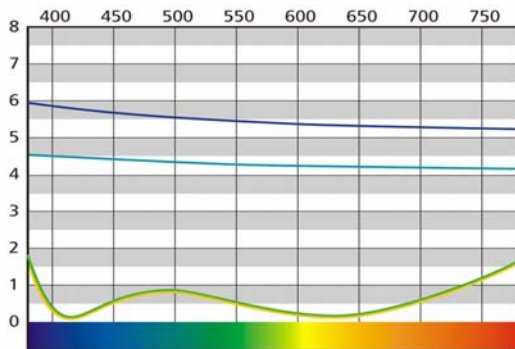
comme indiqué dans le tableau 2 ci-dessous :

	Indice	Tv %	% reflets	Chute contraste
Orga 15	1.500	92	8	- 15 %
Min 16	1.604	89	11	- 19 %
Min 18	1.800	84	16	- 28 %
Traité AR		99	1	- 1.6 %

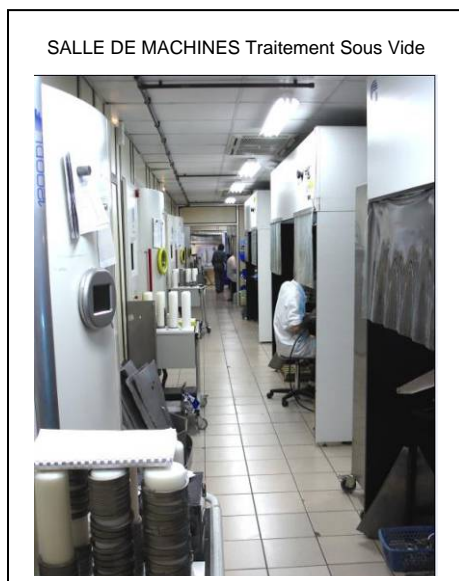
## Les traitements de surface chez Carl Zeiss Vision Janv. 2010

Quel que soit l'indice de réfraction du verre, le traitement antireflet ouvre la même performance (99% de lumière transmise)

**Tableau 3 :**



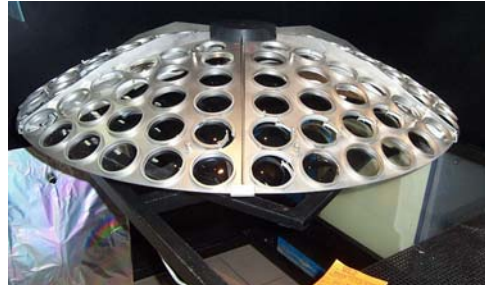
### LE PROCESSUS DE FABRICATION



Avant de procéder au Traitement sous vide (TSV) les verres suivent un cycle de lavage durant environ 45 mn, à une température ne dépassant pas les 55°C., afin de préparer la surface du verre à recevoir le traitement.

Puis les verres sont stockés dans des étuves de dégazage à environ 40°C, pour permettre aux excédents de résine (chargée de protéger le verre des micro abrasions) de s'évaporer. Ainsi le verre est prêt à recevoir les couches d'antireflet. Et on protège également le verre de la poussière.

Dans une enceinte protégée, les verres sont disposés sur un des six secteurs composant un dôme d'une capacité totale de 147 verres. Le dôme est ensuite installé dans la machine.

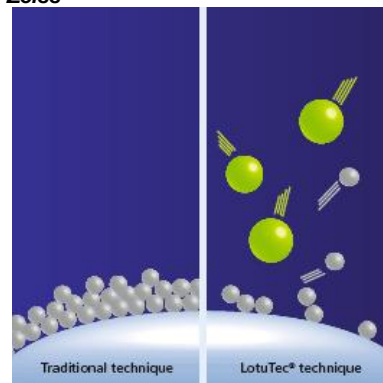


L'opérateur dispose les oxydes nécessaires, en fonction du traitement à réaliser puis sélectionne ensuite le bon processus et lance le programme.

La 1<sup>ère</sup> étape du processus consiste à effectuer le vide d'air dans la machine, à très haute puis très basse température.

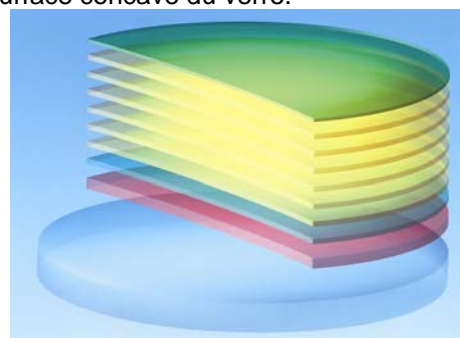
En effet, toute particule d'air présente pénaliserait la qualité du traitement antireflet à venir

#### **Bombardement ionique du traitement LotuTec® sur verres Zeiss**



Le bombardement ionique permet à la surface du verre d'être débarrassée des impuretés.

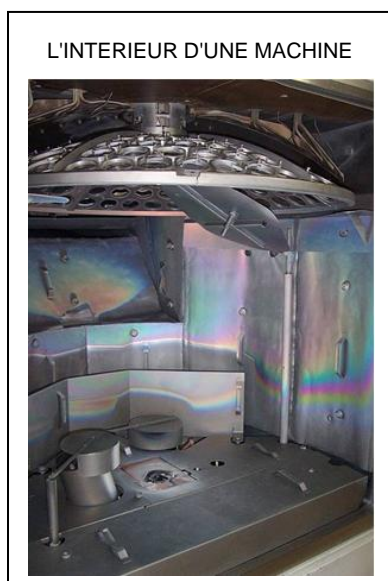
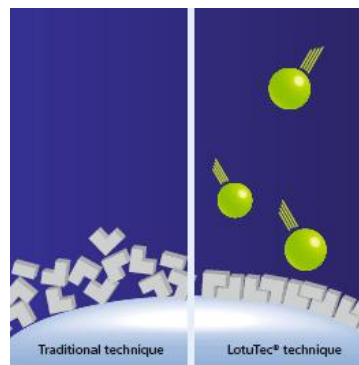
La 2<sup>ème</sup> étape s'appelle la sublimation : elle permet l'évaporation successive et progressive des oxydes qui viennent se déposer sur la surface concave du verre.



## Les traitements de surface chez Carl Zeiss Vision

Janv. 2010

permettent l'optimisation des performances du traitement.



L'assistance ionique tout au long du processus de fabrication est issue de la dernière avancée technologique dans le domaine des traitements sous vide. La charge énergétique des différents oxydes métalliques est plus élevée et permet la sublimation des matériaux résultant du bombardement ionique. Les couches sont plus lisses, plus homogènes, plus denses, elles adhèrent mieux sur le verre.



Les matériaux qui se superposent pour former un traitement antireflets sont composés d'oxydes métalliques d'indices de réfraction différents. Leur composition chimique, leur emplacement et leur différence d'épaisseur

Le bombardement ionique de la surface traitée produit une surface beaucoup plus dure et compacte.

### PLUS FACILE D'ENTRETIEN

Il n'est pas inutile de rappeler que, si le porteur peut parfois se plaindre du nettoyage fréquent de ses verres traités super anti-reflets, ceci est dû au fait que les verres étant extrêmement transparents (99%) et la qualité de vision optimale, la moindre trace de poussière ou de graisse est immédiatement détectée par l'œil.

Les toutes dernières technologies ont imposé l'usage d'un traitement antisalissure sur le verre, traitement qui possède un effet lissant et facilite l'entretien des verres comme Teflon® sur les verres SOLA ou LotuTec® sur les verres ZEISS.

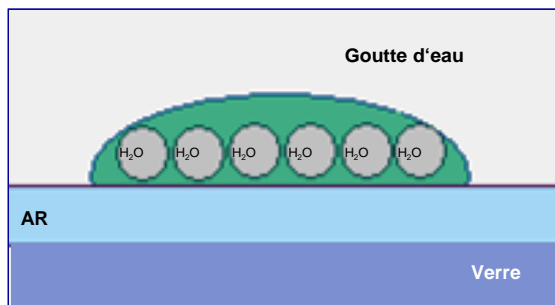
Tous les verres traités de Carl Zeiss Vision sont systématiquement pourvus d'une couche hydrophobe antisalissure : le "Clean Coat" qui permet de lisser la surface du verre et d'améliorer l'effet répulsif sur l'eau et sur les corps gras pour limiter la fréquence de nettoyage.

Les performances sont dues à un savant dosage entre la composition (matériaux polysiloxane fluorés) et la longueur des chaînes fluorées. Cette nouvelle formule composée de matériaux fluorocarbonés, à faible énergie de surface, crée un film microscopique, doux et « flexible » en surface, qui résiste à l'eau et aux corps gras, présent en face convexe et en face concave. La composition du « Clean Coat » est un secret de fabrication.

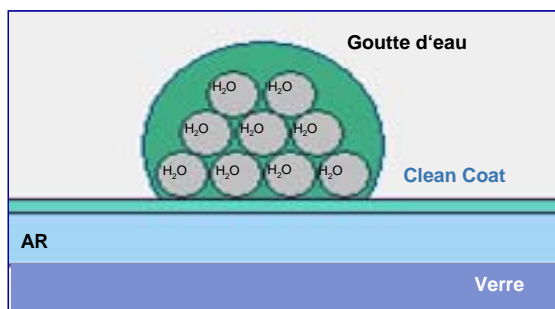
## Les traitements de surface chez Carl Zeiss Vision

Janv. 2010

**Sans Clean Coat**, l'adhésion entre le verre et la goutte d'eau est plus forte que celle entre les molécules d'eau : la goutte s'étale sur toute la surface qui est mouillée et le verre est alors hydrophile



**Avec le « Clean Coat »** l'adhésion entre le verre et la goutte d'eau est faible. La goutte d'eau garde sa forme sphérique, le verre est hydrophobe et facile à nettoyer



La couche de « Clean Coat » est une partie intrinsèque du traitement antireflet. C'est cette couche qui donne au verre ses propriétés antisalissure, à savoir la fonction hydrophobe et oléophobe.

L'autre découverte, commercialisée pour la 1ère fois au monde sur les verres SOLA en 2002 sur son traitement TEFLON® a été d'incorporer au traitement antireflet une couche d'ITO pour éliminer l'électricité statique créée sur la surface du verre lors de son nettoyage.

### Pourquoi des reflets résiduels de couleur différente ?

Un traitement antireflet d'épaisseur définie, dépend de l'onde lumineuse (procédé par compensation d'onde lumineuse).

Ce procédé est particulièrement efficace sur une longueur d'onde spécifique (donc une couleur) et peut entraîner une réflexion sur une autre longueur d'ondes, ou plusieurs. Voilà l'explication des reflets résiduels apparaissant sur les verres traités antireflets. Concernant le

reflet résiduel, il sera bleu, si le minimum se trouve entre 480 et 500 nm.

Le reflet sera pourpre si le minimum est inférieur à 480 nm.

Le reflet sera gold si le minimum se trouve à environ 580 nm

Le reflet sera vert si le minimum est à 546 nm

Le reflet résiduel vert jaune est d'une grande constance. Un chroma faible garantit une plus grande discrétion et une meilleure cosmétique.

### CONCLUSION

Le traitement Antireflet protège les yeux et améliore le bien être visuel tous les jours.

Il est particulièrement recommandé aux personnes qui travaillent sur écran, qui conduisent ou sont environnés de néons ou de grandes surfaces vitrées, il est également recommandé pour la conduite. Porteurs de verres amincis, de verres individualisés ou de progressifs, le traitement antireflet est indispensable.

En France, seul un verre sur deux est traité antireflet, pourtant 100% des porteurs équipés conservent cette option lors d'un rééquipement.