

Verres filtrants à teinte variable

Dominique Meslin

La protection par un verre filtrant à teinte fixe est efficace mais présente l'inconvénient de ne pouvoir être utilisée en toutes circonstances : si le filtre est de catégorie solaire, il se révèle trop foncé pour un usage à l'intérieur ; s'il est de faible intensité, il s'avère rapidement trop clair pour un usage en extérieur. Les verres photochromiques, dont la transmission varie avec l'intensité de la lumière et s'adapte aux diverses situations d'éclairage, constituent alors une solution. Cet article en aborde les principes et les propriétés.



Extrait adapté du Cahier d'Optique Oculaire « Matériaux et Traitements », publication d'Essilor Academy, 68 pages, 2010. Version complète disponible sur www.varilux-university.org

Principe général du photochromisme

Les verres photochromiques ont la propriété de s'assombrir sous l'action des ultraviolets et de se rééclaircir en leur absence et sous l'action de la chaleur. Cette propriété est réversible et les caractéristiques de transmission du verre oscillent entre deux extrêmes : l'état le plus clair dit « non activé » et l'état le plus foncé dit « activé ». Du point de vue chimique, le photochromisme est une transformation réversible de la structure de molécules photosensibles incorporées au verre et qui, en fonction de leur état, confèrent au verre des propriétés de transmission et de couleur différentes. Le phénomène s'opère comme suit : les ultraviolets – de longueur d'onde comprise entre 340 et 380 nm – apportent l'énergie néces-

saire à la transformation chimique des molécules photosensibles et provoquent l'assombrissement du verre ; la réduction ou disparition des ultraviolets et la chaleur ambiante induisent ensuite le retour à l'état clair initial. La teinte du verre résulte, à chaque instant, de l'équilibre entre le nombre des molécules activées par l'UV et celui des molécules désactivées par la chaleur ambiante.

Technologie du photochromisme

La technologie du photochromisme est connue depuis près de 50 ans pour les verres minéraux ; elle n'a été introduite qu'à partir des années 1990 pour les verres organiques. Si le photochromisme minéral et le photochromisme organique fonctionnent sur le même principe, leurs technologies sont très différentes. Le photochromisme des verres minéraux est obtenu par l'introduction dans la masse du matériau minéral – et avant sa fusion – de cristaux d'halogénures d'argent qui réagissent à la lumière par échange ionique entre leurs atomes (de manière similaire à la photographie argentique). Le photochromisme organique est, le plus souvent, obtenu par imprégnation ou dépôt en couche sur la face avant du verre, de plusieurs composés photosensibles de familles chimiques différentes et qui subissent des transformations de leurs structures moléculaires sous l'effet de la lumière. De par leurs qualités et leurs performances (voir ci-après), les verres organiques photochromiques ont définitivement supplanté les photochromiques minéraux.

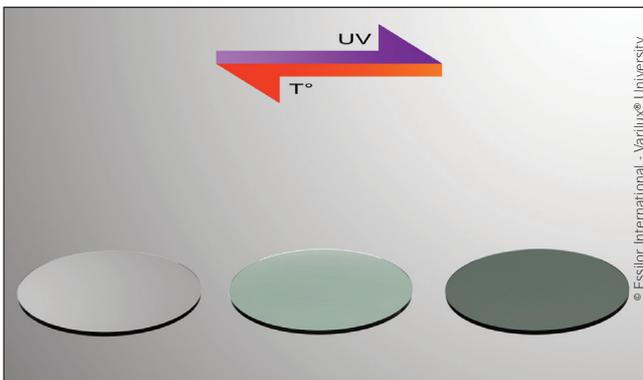


Figure 1. Principe général du photochromisme.

Opticien, Essilor Academy – meslind@essilor.fr

Cet article est le deuxième d'une série de trois sur les verres filtrants. Voir « Les verres filtrants à teinte fixe » dans le n°156 (janvier 2012).

Optique

Les conséquences pratiques qui en découlent

- Puisque le photochromisme est activé par l'UV, un verre photochromique peut s'assombrir en l'absence d'un ensoleillement visible, sous un ciel gris par exemple.
- Puisque l'intensité de la teinte du verre résulte de l'équilibre entre le nombre de molécules activées par l'UV et celui des molécules désactivées par la chaleur ambiante, un verre photochromique a tendance à moins foncer quand il fait chaud que quand il fait froid.
- Puisque l'assombrissement est provoqué par les UV et que ceux-ci sont en tout ou partie stoppés par les vitrages, les verres photochromiques ne fonctionnent pas en intérieur et, en particulier, ne foncent pas ou peu derrière un pare-brise de voiture (à l'exception d'un type de verres particulier activé par la lumière visible mais qui, en conséquence, conserve toujours une légère teinte).

Propriétés des verres photochromiques

Au cours des différentes générations de verre qui se sont succédées, les verres photochromiques organiques ont connu de considérables améliorations. En prenant

l'exemple de verres de la dernière génération, faisons le point sur leurs performances :

• **Aussi transparent qu'un verre blanc à l'état inactivé (figure 2a)** : à l'état clair, un verre photochromique offre une transmission d'environ 90 % qui s'élève à 95 % quand le verre est traité antireflet. Ainsi, un verre photochromique s'avère parfaitement clair à l'état inactivé et plus transparent, s'il est traité antireflet, qu'un verre « blanc » qui ne le serait pas ! Notons aussi que le traitement antireflet favorise le phénomène photochromique, par augmentation de l'intensité de lumière pénétrant dans le verre, et qu'il est donc, au-delà de l'amélioration de la transparence du verre, particulièrement recommandé aussi en verres photochromiques.

• **Aussi foncé qu'un verre solaire à l'état activé (figure 2b)** : à l'état assombri, la transmission du verre s'abaisse à environ 12 à 15 % après activation totale de 15 min à une température ambiante de 23° C, et atteint donc celle d'un filtre de catégorie 3. Ainsi, les verres photochromiques peuvent parfaitement rivaliser avec les verres solaires ; notons que la teinte grise s'assombrit légèrement plus que la teinte brune.

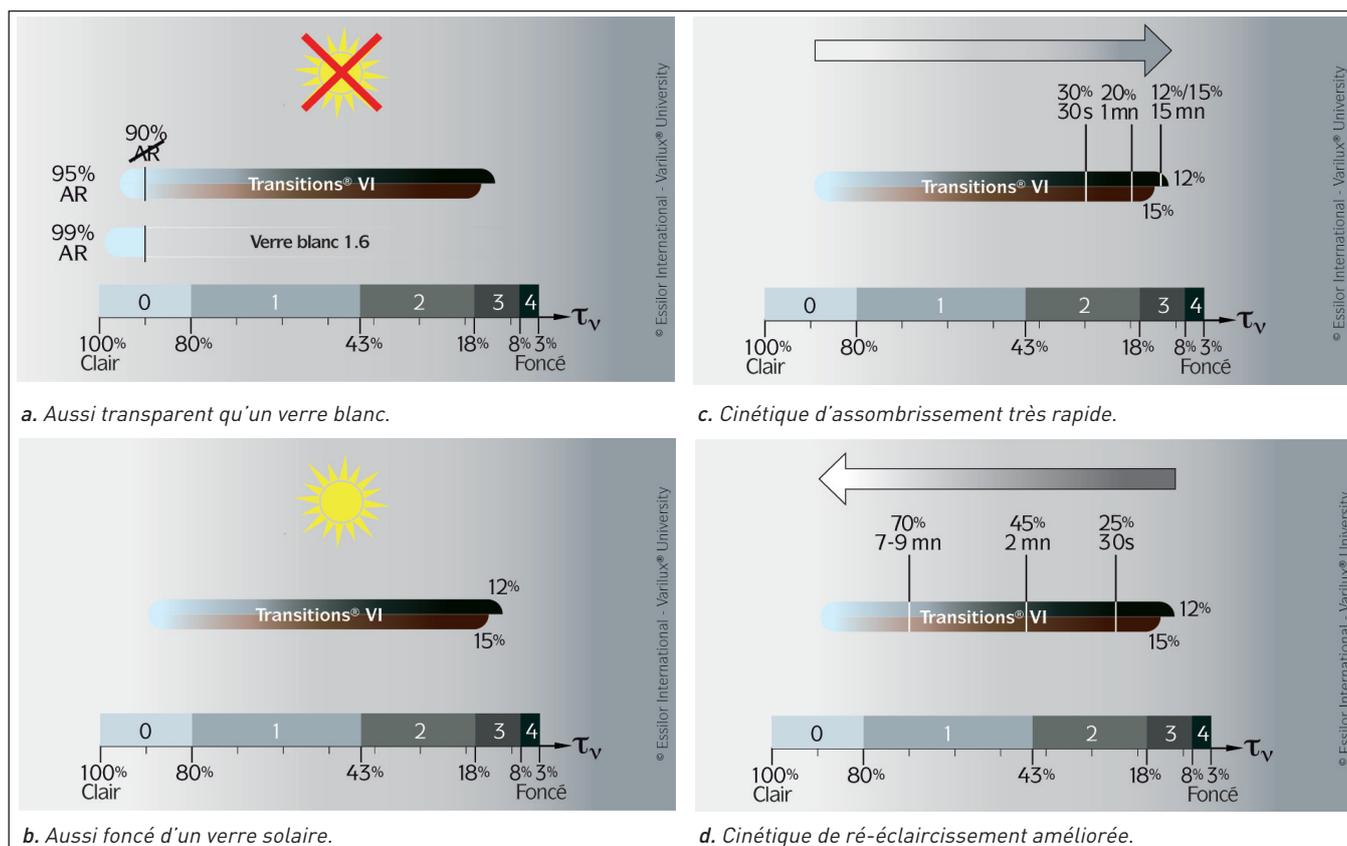


Figure 2. Propriétés des verres photochromiques.

• **Une cinétique d'assombrissement très rapide (figure 2c) :** après 30 secondes d'activation, la transmission du verre s'abaisse à environ 30 %, après 1 min à 20 % et après 2 min à 15 %, démontrant ainsi la rapidité du phénomène photochromique. La quasi-totalité de l'assombrissement est atteinte en moins de 2 min.

• **Une cinétique de ré-éclaircissement améliorée (figure 2d) :** le temps nécessaire au ré-éclaircissement du verre est toujours plus long que celui de son assombrissement et reste le point faible des verres photochromiques même s'il a été considérablement réduit aujourd'hui : en 30 secondes, la transmission remonte de 12-15 % à

25 % en moyenne et en 2 min atteint 45 %. Pour revenir, à partir de l'activation maximale, à une transmission de 70 %, il faut respectivement 7 et 9 min pour les teintes brune et grise ; le retour à l'état clair nécessite environ 20 à 25 min.

• **Une moindre sensibilité à la température :** l'effet de la température a longtemps été un frein au développement des verres photochromiques dans les pays chauds ; il ne l'est plus désormais : à 35° C, la transmission du verre s'abaisse à environ 30 %, avec une capacité d'assombrissement un peu plus marquée en gris qu'en brun ; elle atteint donc celle d'un verre filtrant de catégorie 2.

Les performances des verres photochromiques organiques ont été considérablement améliorées avec le temps. Elles permettent l'usage de ces verres en toutes circonstances, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, et assurent à leurs porteurs une protection optimale permanente contre la lumière visible et l'ultraviolet.

Bénéfices des verres photochromiques

Les verres photochromiques apportent deux bénéfices essentiels aux porteurs de verres ophtalmiques : une adaptation facilitée aux variations de luminosité et une protection permanente contre les radiations nocives :

- *l'adaptation aux variations de lumière* est réalisée par l'ajustement automatique du niveau de transmission du verre au niveau d'intensité de la lumière solaire. Il facilite l'adaptation de l'œil aux changements d'intensité lumineuse et réduit les effets de l'éblouissement. Il diminue ainsi la fatigue visuelle associée aux variations de lumière et dont les patients se plaignent souvent ;

- *la protection contre les radiations nocives* est assurée par les propriétés de filtration des verres photochromiques : 100 % des UVA et UVB sont éliminés dès l'état clair et la protection est renforcée vers les bleus à l'état assombri. Cette protection permanente, renforcée quand la lumière se fait plus intense, évite les effets cumulatifs de l'exposition à la lumière solaire et ses éventuelles conséquences sur les structures de l'œil. Elle constitue une protection efficace au quotidien.

Conclusion

Bien qu'il soit en croissance régulière, l'usage des verres photochromiques n'est pas universel ; il diffère selon les continents : si en Amérique du Nord et en Australie, 15 à 20 % des verres correcteurs sont photochromiques, ils ne sont que de 10 % en Europe et moins de 5 % en Asie. Leur développement en matériaux organiques a définitivement scellé le succès des verres organiques au détriment des verres minéraux. Avec la performance des dernières générations de photochromiques et la nécessité impérieuse pour chaque individu de se protéger des effets nocifs de la lumière, les verres photochromiques devraient continuer à connaître un succès grandissant auprès des patients.