

# Traitement du verre pour contrôler la luminosité

Le vitrage, par sa transparence, permet de mettre en évidence des propriétés optiques théoriques et de les appliquer à un problème concret.

J'ai donc cherché à déterminer comment ce matériau indispensable en construction pouvait répondre à la fois à des critères esthétiques et d'écoresponsabilité.

Les ouvertures sur l'extérieur, c'est-à-dire le vitrage, sont primordiales en architecture tant elles participent au confort d'une habitation, influent sur son bilan énergétique et sur son apparence depuis l'extérieur.

## Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique de la Matière).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>interférence</i>	<i>interference</i>
<i>longueur d'onde</i>	<i>wavelength</i>
<i>polarisation</i>	<i>polarisation</i>
<i>verre</i>	<i>glass</i>
<i>cristaux liquides</i>	<i>liquid crystal</i>

## Bibliographie commentée

Par un choix de vitrage judicieux, il est possible de diminuer les dépenses énergétiques d'une pièce et d'en améliorer le confort. Il pourrait même être bénéfique à la santé des occupants. En effet, l'exposition à la lumière naturelle participe à notre bien-être. Elle permet, par exemple, de réduire le stress. Or nous passons la majorité de notre temps à l'intérieur. C'est pourquoi le vitrage doit laisser passer une quantité maximale de lumière, tout en filtrant les ultra-violets dangereux pour la peau [1]. La transparence du verre dépend de sa composition complexe. Le verre absorbe naturellement les rayonnements ultra-violets et laisse passer les rayonnements visibles et infrarouges [2]. De plus, dans une pièce, les pertes thermiques vers l'extérieur se font majoritairement par les fenêtres. Le flux par convection et conduction est limité par le double vitrage, car la couche de gaz emprisonnée entre les deux plaques de verre joue le rôle d'isolant thermique. Cependant l'énergie thermique est également perdue par rayonnement infrarouge. Ainsi en filtrant les infrarouges, on limite l'utilisation du chauffage en hiver et de la climatisation en été, qui sont très énergivores [2] [6].

Par conséquent, un vitrage répondant au mieux aux demandes de confort et d'écoresponsabilité est transparent dans le visible et réfléchissant dans l'infrarouge.

Une première technique utilise les interférences à ondes multiples [3] : une couche mince est déposée sur le verre, souvent sous vide par pulvérisation cathodique ou "sputtering" pour créer des

interférences destructives, et modifier l'intensité lumineuse transmise et réfléchi par le système [2]. En superposant des couches de deux métaux différents, il est donc possible de réaliser une fonction spectrale coupe bande, laissant passer les longueurs d'ondes dans le visible [3] [2]. On trouve dans le commerce des films de protection solaire à coller sur les vitres qui fonctionnent selon ce principe.

Les propriétés de ces vitrages sont permanentes. Néanmoins de nouveaux vitrages dynamiques ont été mis au point : leur opacité est réversible, elle peut dépendre de la température ou d'un courant électrique permettant de la contrôler [6].

Un premier fonctionnement par oxydoréduction peut être comparé à celui d'une batterie. Le vitrage est composé de deux électrodes transparentes séparées par une électrode d'oxyde de tungstène qui a la capacité réversible de s'assombrir, un conducteur ionique et une contre électrode de lithium. La tension électrique provoque la migration des ions lithium contenus dans la contre électrode vers l'oxyde de tungstène et c'est sa réduction qui conduit à l'assombrissement du vitrage. En appliquant un courant électrique en sens opposé, l'effet est inversé et le vitrage s'éclaircit [1] [4].

Enfin certains vitrages utilisent un autre principe: la polarisation rectiligne. Leur fonctionnement est semblable à celui des écrans LCD : la lumière naturelle traverse un premier film polaroid qui la polarise, puis une couche mince de cristaux liquides dont l'orientation dépend de la tension électrique. Ainsi le plan de polarisation et l'intensité lumineuse transmise, donnée par la loi de Malus, sont contrôlés pour obtenir la transparence souhaitée [5][7]. Ce procédé est pour l'instant principalement employé pour des vitres d'intérieur, comme une séparation modulable entre deux pièces [7]. Néanmoins cette technique, déjà utilisée à petite échelle dans les cellules à cristaux liquides, est envisageable pour des vitrages offrant une protection solaire. Quelques entreprises commencent à la développer.

## **Problématique retenue**

Quel vitrage privilégier pour allier confort et écoresponsabilité?

Comment réaliser le vitrage "parfait", transparent dans le visible et réfléchissant dans l'infrarouge ?

## **Objectifs du TIPE**

- Réaliser le spectre en longueur d'onde du verre seul et avec l'ajout d'un filtre solaire pour vérifier dans quelle mesure il répond aux attentes des consommateurs.
- Réaliser en laboratoire un dépôt sur couche mince dans le but de limiter la transmission à travers le verre et comparer son efficacité avec celle d'un filtre commercialisé.
- Reproduire l'effet d'un vitrage polarisé à l'aide d'une cellule à cristaux liquides.

## **Références bibliographiques (ETAPE 1)**

- [1] STÉPHANE AUVRAY, JEAN-CLAUDE BERNIER, THIERRY ENGEL : Vers des vitrages intelligents et connectés pour des bâtiments durables et confortables : *Chimie et Lumière, EDP Sciences, 2021*
- [2] JEAN-CLAUDE LEHMANN : Verre et produits verriers d'aujourd'hui et de demain : *Bulletin de l'union des physiciens, mai 2006* <https://bupdoc.udppc.asso.fr/consultation/article->

*bup.php?ID\_fiche=19450*

**[3]** AGNES MAURELAUX : Optique ondulatoire : *Editions Belin, 2003*

**[4]** TIMO VAN NEERDEN : Smart glass : comment fonctionnent les rétroviseurs électrochromiques ? : *<https://couleur-science.eu/?d=ea81bc--smart-glass-comment-fonctionnent-les-retroviseurs-electrochromique>*

**[5]** Ecran à cristaux liquides :

*[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cran\\_%C3%A0\\_cristaux\\_liquides](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cran_%C3%A0_cristaux_liquides), paragraphe: présentation et cristaux liquides monochromes*

**[6]** MICHEL CHAUNAC : Vitrages isolants : lumière et énergie : *Techniques de l'ingénieur, 10 février 2014, référence: N4408 V1*

**[7]** PRIVA-LITE Verre à opacité commandée : *<https://befr.saint-gobain-building-glass.com/sites/saint-gobain-building-glass.com/files/2020-06/BG%20PRIVA-LITE%2005%202020%20BE%20fr%20LR.pdf>*