

# Adattative virtù

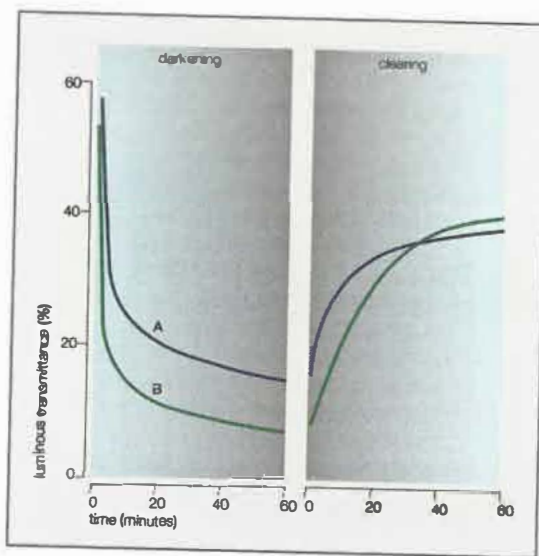
Questa nuova importante qualità degli edifici passa attraverso la capacità delle facciate di reagire agli stimoli termici e luminosi dell'ambiente. I materiali, in fase di sperimentazione, alcuni ancora instabili, tutti molto costosi, rappresentano, tuttavia, una futura via di sviluppo. Sulla quale sta puntando l'industria del vetro

Giuliana Iannaccone

**I**nvolucri edilizi adattativi sono quelli in grado di reagire ai cambiamenti dell'ambiente esterno o interno, ovvero a variazioni di luce, calore o rumore. In questo ambito, la ricerca sul vetro è quella che ha fornito negli ultimi venticinque anni i risultati più sorprendenti.

L'associazione tra vetro e proprietà adattative è tutt'altro che recente. È il 1978 quando lo studio Richard Rogers & Partners, nel definire i futuri campi di ricerca della Pilkington, scrive: "l'edificio deve diventare come un camaleonte che si adatta. Un edificio appropriatamente equipaggiato ed adeguatamente rivestito dovrebbe monitorare tutte le variabili interne ed esterne, temperatura, igrometria e livello della luce, radiazione solare, ecc., per determinare la migliore equazione energetica, date queste condizioni, e modificare l'edificio in accordo con il sistema interno. Non è troppo chiedere ad un edificio di incorporare, nella sua struttura e nel suo sistema nervoso, la fondamentale qualità dell'adattamento" (Richard Rogers, "Notes on the Future of Glass", London, 1979).

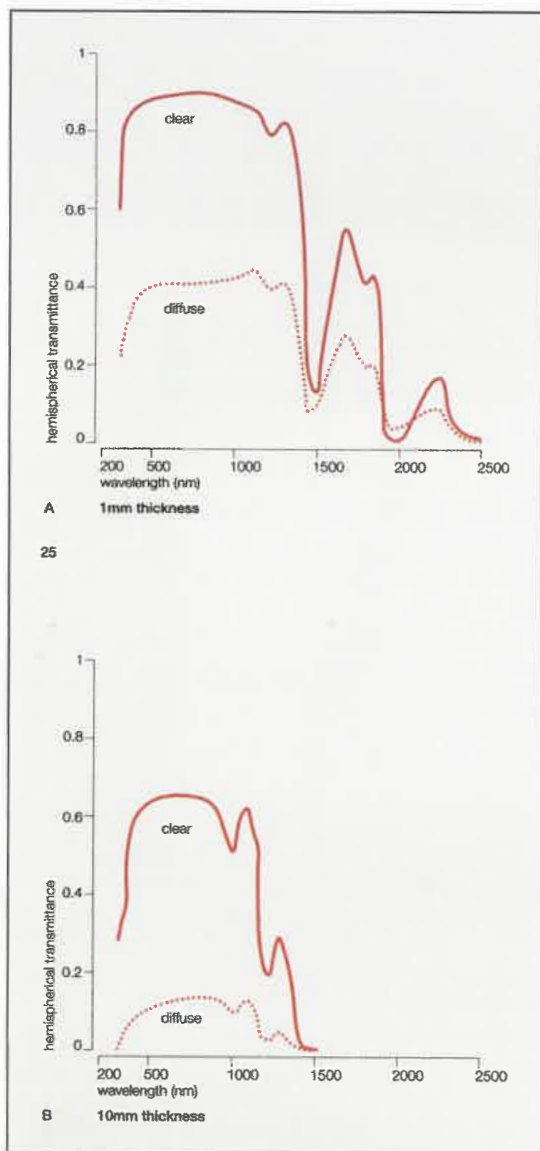
Oggi, cercando di ottimizzare la gestione energetica degli edifici, vengono richieste alle facciate, ed in particolar modo alle superfici vetrate, prestazioni sempre più elevate in termini di isolamento e di controllo solare.



*Le curve mostrano tempi tipici di reazione di un vetro fotocromico che dipendono prevalentemente dalla composizione del vetro e dalla temperatura.*

In virtù della sua principale caratteristica, la trasparenza, il vetro trasmette non soltanto la luce ma anche, nel suo impiego troppo frequente di vetro monostrato, una grande quantità di calore, e la trasmissione controllata dello spettro si è dimostrata difficile da raggiungere. L'industria del vetro sta spingendo molto avanti la ricerca nel settore, favorendo lo sviluppo di superfici attive o addirittura reattive in grado di controllare e variare la trasmissione della radiazione solare e luminosa. Queste vetrate sono frutto di un trasferimento tecnologico dal settore aerospaziale ed automobilistico; da oltre dieci anni diversi centri di ricerca sono impegnati nello studio e nelle verifiche sperimentali di

Proprietà ottiche di una tipica finestra elettrocromica. Il grafico in alto mostra le trasmissioni per 1 mm di spessore del materiale. Il grafico in basso mostra le curve per 10 mm dello stesso.



tali sistemi su prototipi in vista di una immissione sul mercato edilizio<sup>1</sup>. Questo tipo di vetrate possono essere classificate in due principali categorie: le vetrate attivate in modo passivo come le vetrate termocromiche (sensibili al calore) o fotocromiche (sensibili alla luce) e quelle controllate direttamente, come le vetrate elettrocromiche, gasocromiche e a cristalli liquidi, che possono essere attivate, secondo la necessità, mediante l'applicazione di un basso voltaggio elettrico. I materiali fotocromici e termocromici sono stati sul mercato per un certo periodo di tempo.

### Vetro fotocromico

I vetri fotocromici modificano autonomamente la loro trasmissione luminosa, si scuriscono, in funzione della qualità della luce incidente sulla superficie. Questa proprietà è determinata dalla presenza nella pasta di vetro di materiali sensibili al raggio ultravioletti, che possono essere organici o inorganici: di questi ultimi, i più impiegati sono gli alo-

genuri d'argento, con i quali vengono fabbricate anche le pellicole fotografiche. L'importante differenza tra i dispositivi fotocromici ed elettrocromici consiste nel fatto che il fenomeno di oscuramento deriva dalla struttura chimica del vetro piuttosto che da un rivestimento. Il fenomeno del fotocromismo è utile nel caso degli occhiali da sole, ma può essere inappropriato nel caso di una finestra, quando la necessità di luce all'interno è indipendente dalla luminosità esterna.

### Vetri termocromici

I vetri termocromici possono variare il proprio assorbimento luminoso in funzione della loro temperatura superficiale esterna: essi diventano opachi al di sopra di una certa temperatura critica, compresa tra i 10° e 90°, per poi tornare trasparenti quando questa temperatura si abbassa. Fattore cruciale per il progettista è la definizione della temperatura in cui si verifica il cambiamento. La variazione di trasmissione luminosa è ottenuta attraverso un rivestimento della lastra di vetro con materiali la cui trasmissione luminosa dipende dalla temperatura: questi includono il triossido di tungsteno o il diossido di vanadio. Uno strato termocromico consiste di una miscela di due plastiche (polimeri) ciascuno con un differente indice di rifrazione. Alle basse temperature lo strato è omogeneo e trasparente e rende possibile una visione chiara ad un elevato grado di traslucenza. A temperature più elevate i polimeri sono distinti e separati in serie di dimensione submicroscopica. In questo stato la luce è fortemente diffusa e la lastra sembra bianco latte. Una bassa quantità di luce è trasmessa, e la più grande quantità viene riflessa in modo diffuso.

### Vetri elettrocromici

I vetri elettrocromici<sup>2</sup> hanno la caratteristica di variare la trasmissione luminosa in funzione di un segnale elettrico comandato da un operatore e presentano il vantaggio di avere un effetto memoria. Pertanto non è necessario mantenere attivo il campo elettrico per conservare lo stato raggiunto, mentre per far tornare trasparente il vetro è necessario un nuovo impulso elettrico di segnale opposto. Dal punto di vista tecnologico i vetri elettrocromici sono costituiti da cinque strati diversi, in cui si trovano materiali conduttori tra-

1 Cfr. "Sistemi adattativi e nanotecnologie" in Modulo 293, luglio/agosto 2003.

2 Circa le ultime sperimentazioni in atto sui vetri elettrocromici e gasocromici confronta l'articolo di Michele Zinzi "Trasparenze variabili" in Modulo 293, luglio/agosto 2003.



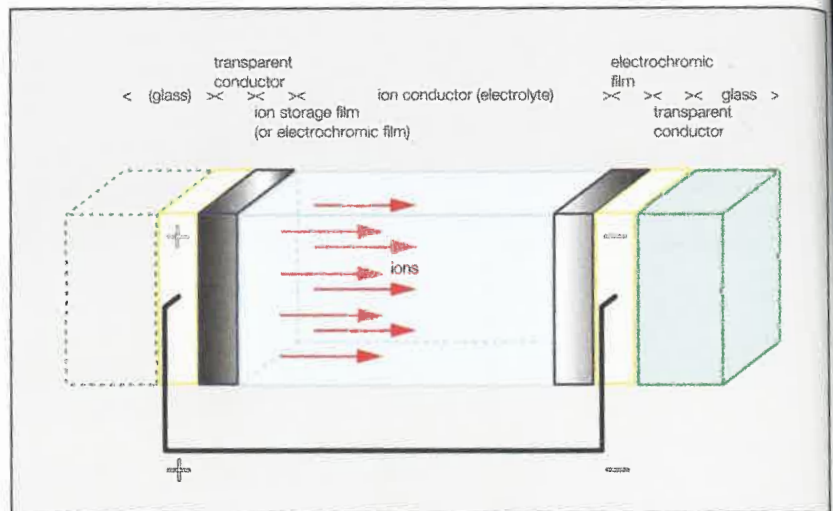
sparanti, che quando vengono collegati a un campo elettrico creano un passaggio di ioni da un polo all'altro. L'ossido di tungsteno presente all'interno di questo film si colora diventando blu, oscurando la superficie vetrata. Quando si inverte la carica avviene il processo inverso, rendendo il vetro trasparente. La reazione degli strati è proporzionale alla sollecitazione elettrica e si ha lo stesso comportamento per tutte le componenti dello spettro della radiazione incidente; il tempo di reazione è dell'ordine dei dieci secondi e si allunga a temperature molto basse. In meno di mezzo secondo la trasparenza va dal 12% al 57%. Si può scurire fino a 0,5% e schiarire fino a 57% della trasparenza.

### Vetri gasocromici

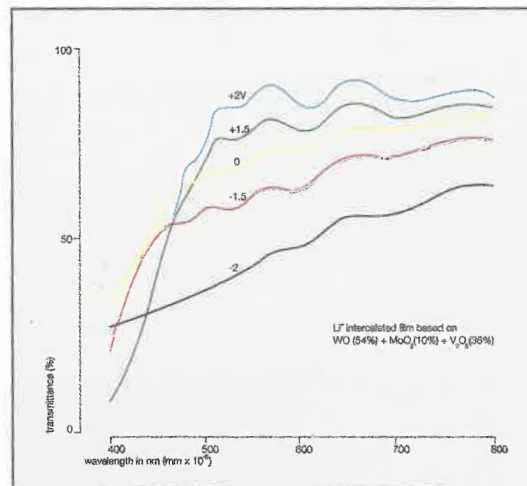
I vetri gasocromici sono anch'essi costituiti da diversi strati tra cui un film contenente ossido di tungsteno. Quando viene iniettato dell'idrogeno biatomico con una concentrazione inferiore del 2% l'ossido diventa blu e il vetro si oscura. Quando viene iniettato ossigeno, invece, diventa trasparente. I tipi gasocromici di vetro possono essere velocemente colorati di blu scuro e decolorati sia premendo un bottone che attraverso un controllo automatico. Questo cambiamento di colore è raggiunto per mezzo di uno scambio di gas nell'intercapedine delle lastre nel vetro isolante intelaiato. Mentre i vetri elettrocromici in edilizia sono già stati utilizzati, per quanto riguarda i gasocromici la produzione e la comparsa sul mercato avverranno tra un anno circa.

### Vetri a cristalli liquidi

I vetri a cristalli liquidi offrono la possibilità di modificare il vetro da trasparente a tralucente. Il loro funzionamento è semplice: essi sono fondamentalmente costituiti da una pellicola, posta tra due lastre di vetro, che contiene una serie di cavità sferiche con cristalli liquidi. Questi, in assenza di corrente, si orientano in maniera casuale, diffondendo la luce incidente ed impedendo totalmente la vista attraverso il cristallo. Creando invece un campo elettrico fra le due facce esterne della pellicola, i cristalli si orientano tutti eliminando la deviazione dei raggi luminosi e garantendo la trasparenza del vetro. Questa proprietà viene definita anisotropia dielettrica. I polimeri a cristalli liquidi sono grandi



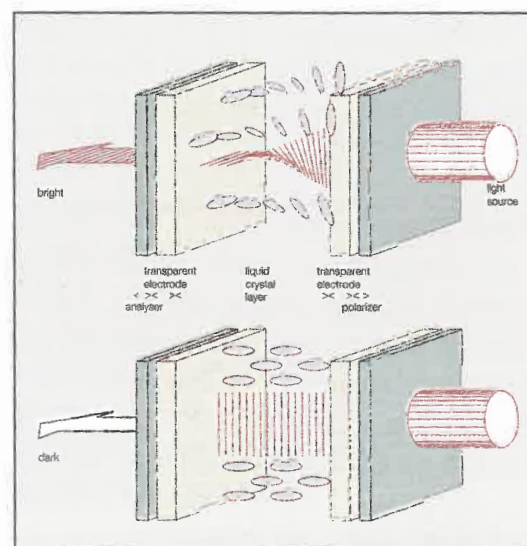
Schema di funzionamento di una vetrata elettrocromica.



Il colore degli elettrocromici. Gli elettrocromici comunemente disponibili hanno una colorazione caratteristica blu, ma miscele di ossidi permettono di raggiungere una colorazione più neutra. Il grafico mostra trasmissioni dello spettro per miscele di bronzo tungsteno con gli ossidi di molibdeno, vanadio e litio a differenti voltaggi.

alcuni manometri e possono allinearsi con distanze di migliaia di manometri. Il passaggio dallo stato "on" a quello "off" è molto rapido e a differenza dei vetri elettrocromici, la tensione elettrica applicata deve essere mantenuta attiva per tutto il periodo in cui si vuole avere la trasparenza del vetro. Vetrature molto ampie richiedono perciò una grande quantità di energia per essere mantenute trasparenti. Inoltre presentano un'apparenza non completamente trasparente, sono instabili e molto costosi.

Schema di funzionamento di un vetro a cristalli liquidi.



Le immagini sono tratte da M. Wigginton, Glass in architecture, London, 1996.

### Bibliografia

- Andreotti G, "Il vetro", in Nicola Sinopoli (a cura di), Sulle tracce dell'innovazione tra tecnica e architettura, FrancoAngeli, Milano, 2001  
 Behling S., B Behling S., 1999, Glass. Structure and Technology in Architecture, Prestel, Monaco  
 Rogers R., 1979, Notes on the Future of Glass, Private Report to Pilkington Glass Ltd, London  
 Sobek W., Haase W., Teuffel P., 2000, Stalbau n.69, "Adaptive Systeme"  
 Sobek W., Teuffel P., 2002, Proceedings of the International IASS Symposium on Lightweight Structures, "Adaptive lightweight structures", Warsaw, pp.203-210  
 Wigginton M., 1996, Glass in