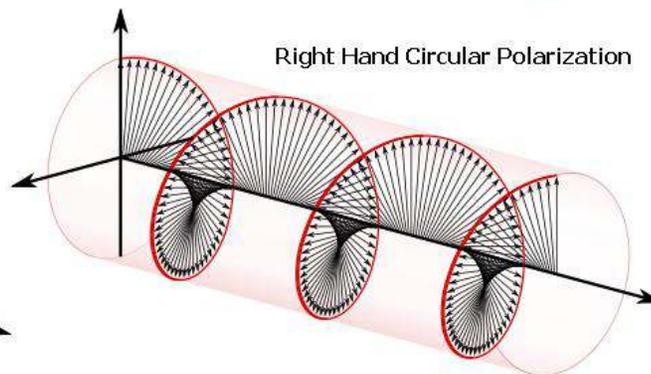
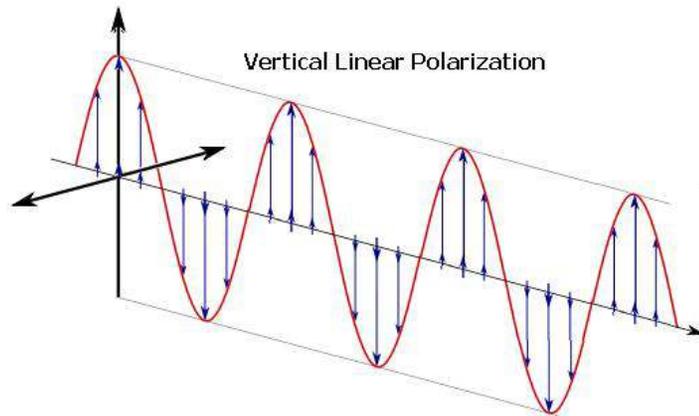
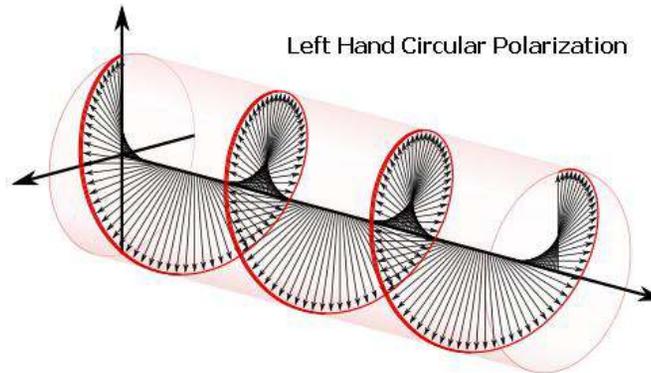
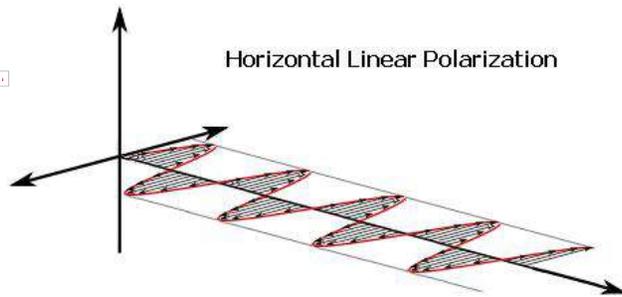


# Polarisation de la lumière



**lumière polarisée linéairement**

**circulairement**

Notre œil ne perçoit pas la polarisation de la lumière, contrairement à bcp d'animaux (abeilles, pigeons..).

# Les polariseurs : polarisation par absorption

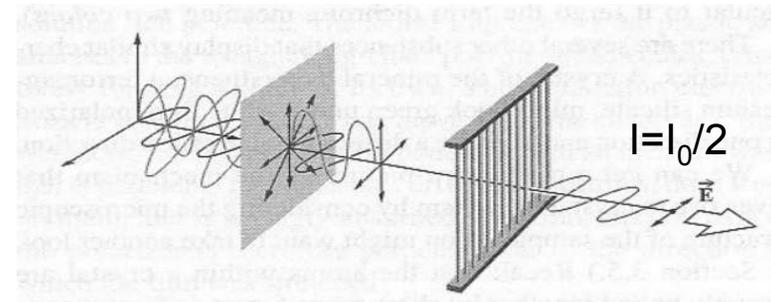
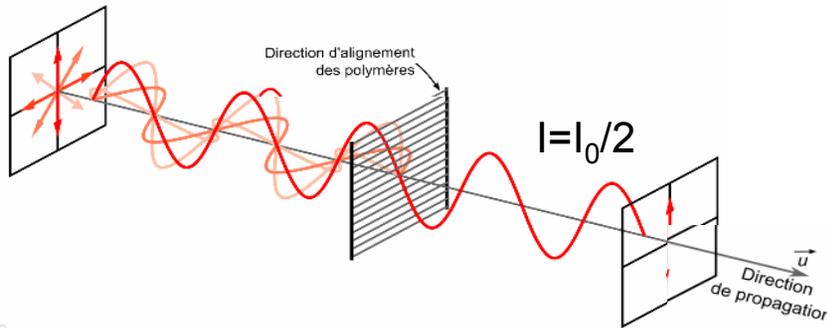


**Visible** ( $\lambda \sim 0.5 \mu\text{m}$ ) : **polaroïd**  
Film de polymère étiré



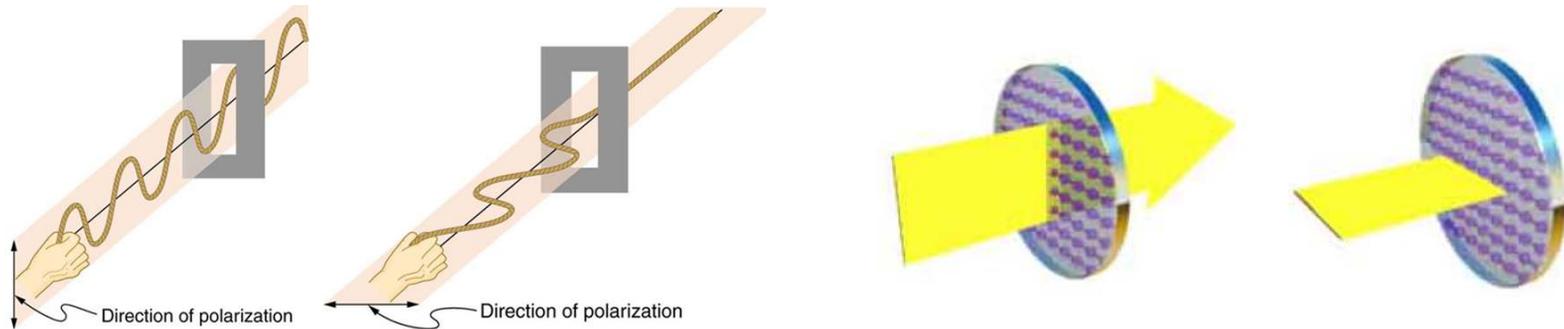
**Micro-ondes** ( $\lambda \sim 1\text{cm}$ ) : **grille métallique**

⇒ structure moléculaire ou macroscopique conductrice en forme de grille avec  $d \sim \lambda$

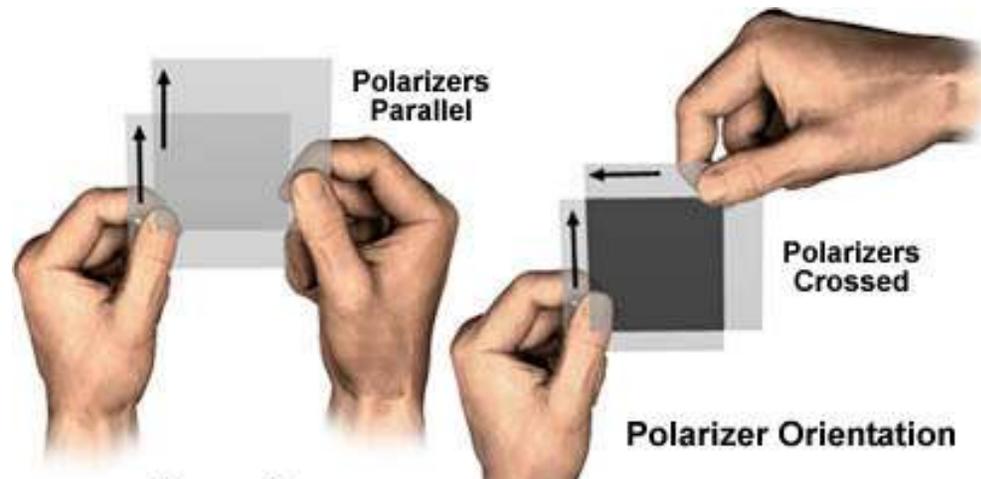


les électrons sont mis en mvt le long des fils par le champ  $E$  qui leur cède de l'énergie  
⇒ les polariseurs absorbent la composante de  $E$  // aux fils

Rq : les polaroïds sont gris car ils absorbent la moitié de la lumière naturelle

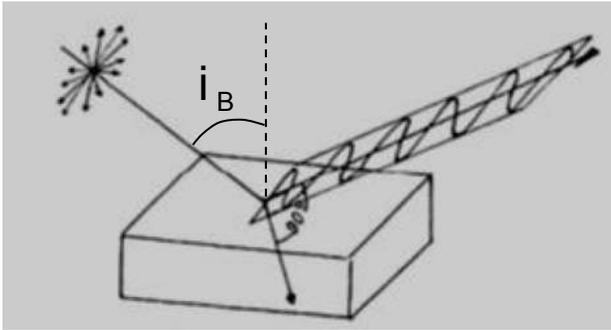


L'analogie avec une onde mécanique à travers une fente ne marche pas.  
C'est exactement le contraire qui se produit avec une onde em !

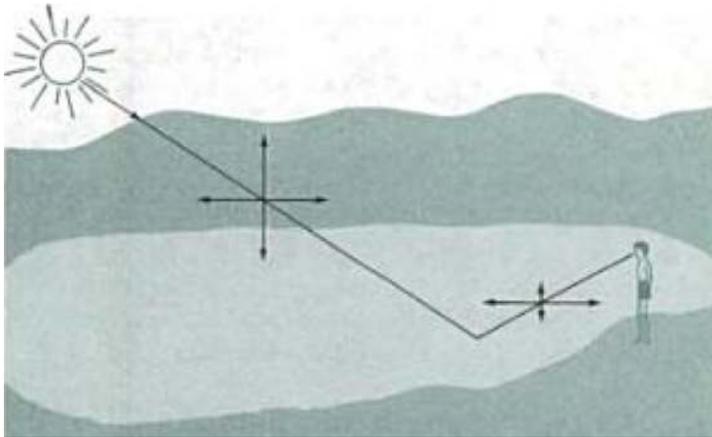


Deux polariseurs linéaires croisés ne laissent pas passer la lumière

# Polarisation par réflexion sur une surface non métallique



Il existe un angle incident  $i_B$ , appelé **angle de Brewster**, pour lequel l'onde réfléchie est polarisée //<sup>t</sup> à la surface.  
Dans les cas courants :  $50^\circ < i_B < 60^\circ$



Les rayons réfléchis par une surface non métallique sont donc partiellement polarisés dans la direction // à la surface.



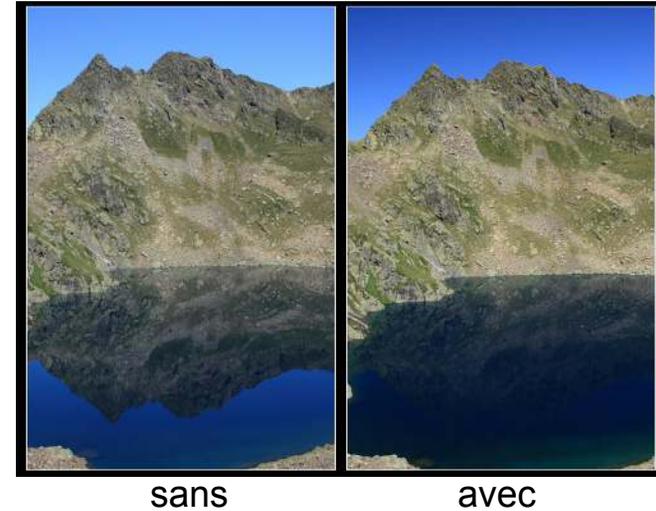
Les lunettes de soleil polarisées verticalement permettent d'éliminer ces reflets.

# Polarisation par réflexion



Permet de trouver l'axe de transmission d'un polariseur linéaire !

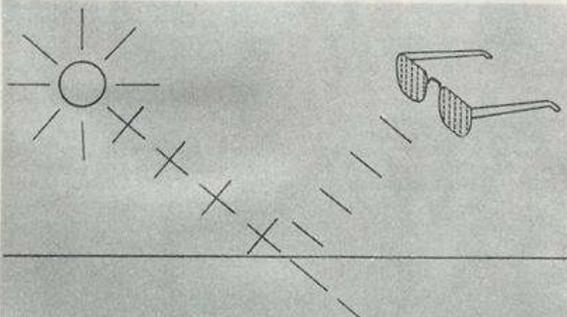
# Polarisation par réflexion



Les lunettes de soleil polarisées et les filtres polarisants en photo sont très utiles sur l'eau et la neige !

# Polarisation par réflexion

## LA POLARISATION AU SERVICE DE LA PÊCHE



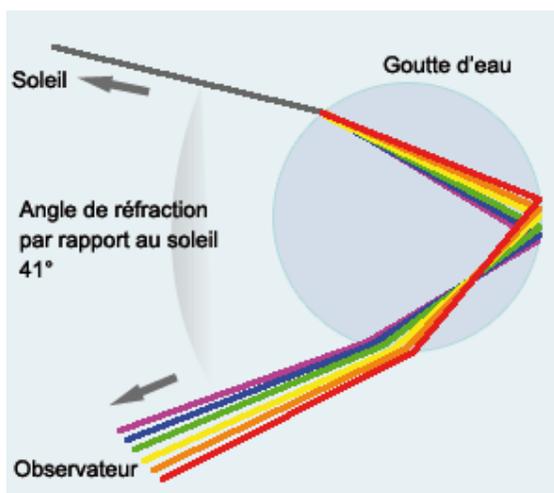
Les rayons horizontaux qui se reflètent sont arrêtés par le barrage constitué par les filtres. Les rayons verticaux, eux, sont absorbés.



PRIZM  
SEE WHAT YOU'VE BEEN MISSING

OAKLEY

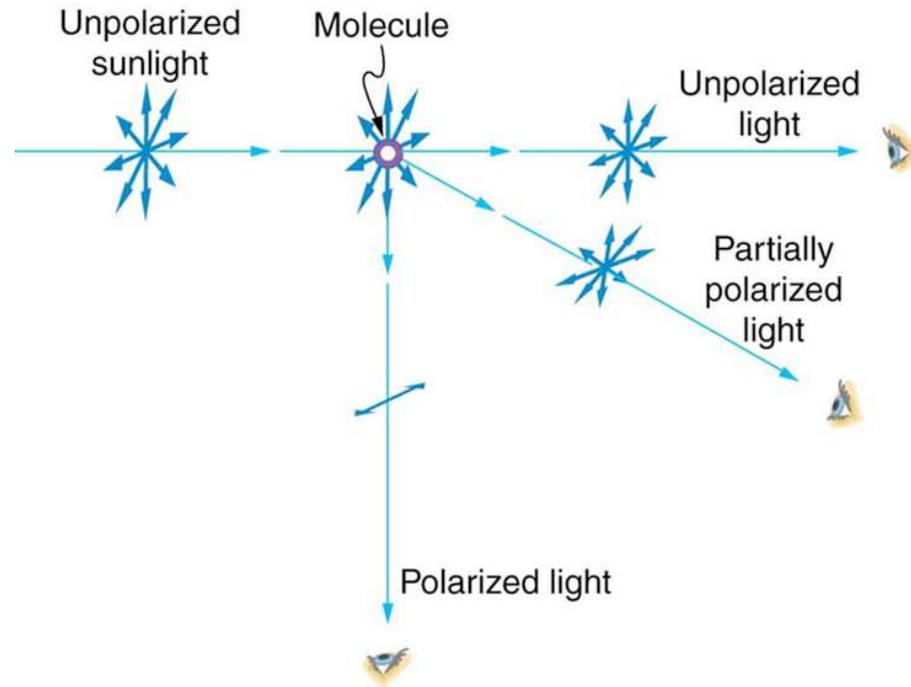
# Polarisation d'un arc en ciel par réflexion



La lux provenant d'un arc-en-ciel a subit une réflexion à l'intérieur de gouttes d'eau. L'angle de réflexion étant proche de l'angle de Brewster pour lequel la réflexion est totalement polarisée, **les arcs-en-ciel sont donc fortement polarisés**

⇒ on peut les « éteindre » avec un polariseur.

# Polarisation par diffusion

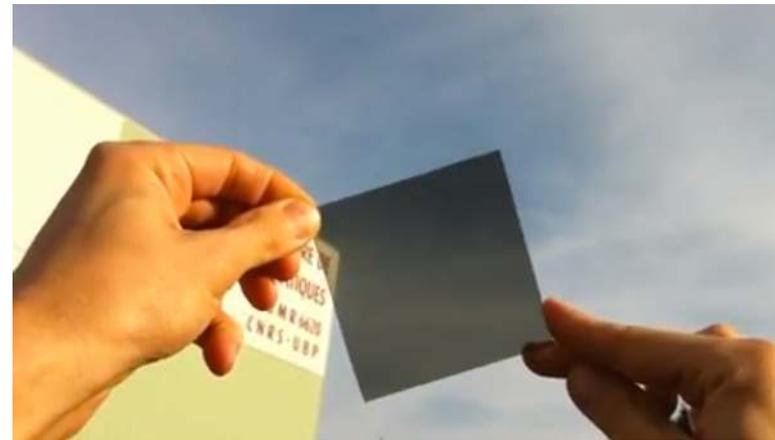


On verra en em3 que : **la lumière diffusée** par les molécules de l'atmosphère **ds dir.  $\perp$  aux rayons solaires** est polarisée **rectilignement**

La diffusion est anisotrope.

Rq : les abeilles utilisent la polarisation du ciel pour se repérer.

## Polarisation par diffusion



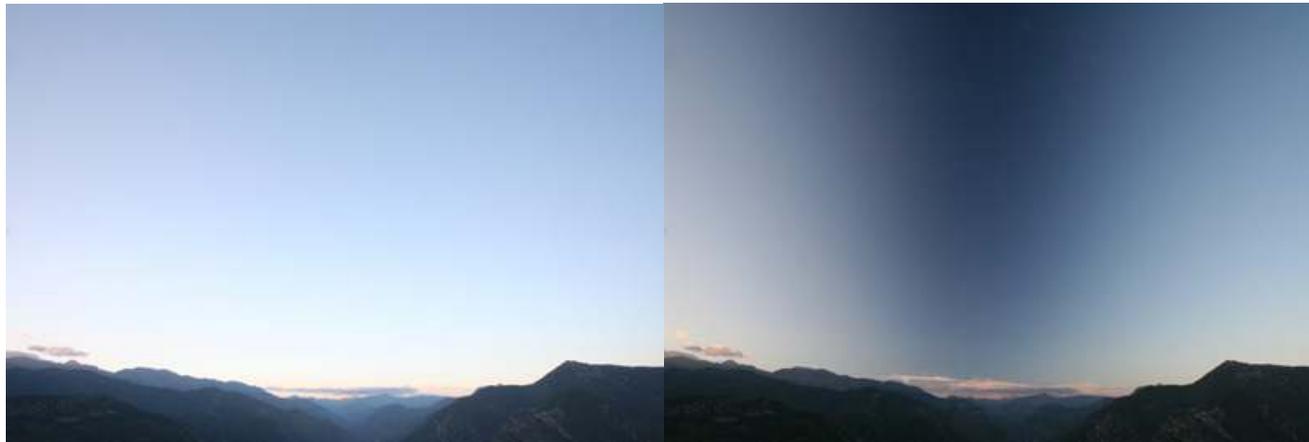
Si on fait tourner un polariseur rectiligne, l'intensité passe par un minimum.  
**La lumière diffusée par le ciel est partiellement polarisée** : partiellement,  
à cause des diffusions multiples ...

# Polarisation par diffusion

sans

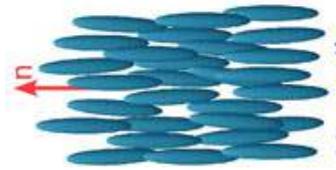


avec



La bande noire correspond à la lumière diffusée dans une direction  $\perp$  aux rayons du soleil, qui est polarisée rectilignement.

# Les écrans LCD (Liquid Crystal Display)



*Phase nématique*  
molécules allongées  
globalement  
parallèles



*Phase nématique torsadée*  
on tord le cristal de  $90^\circ$  en le  
coincant entre 2 plaques de  
verre : il forme 1/4 d'hélice

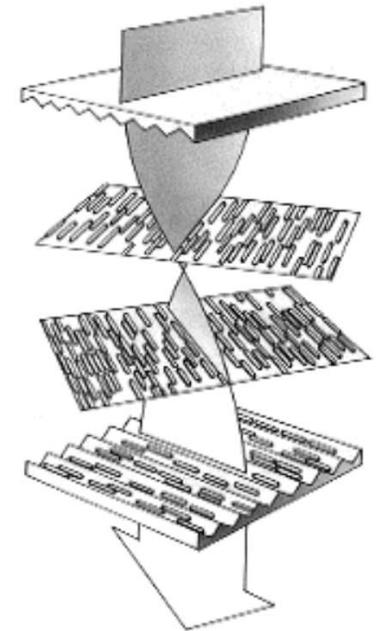
Cristal nématique torsadé : anisotrope donc **biréfringent**

⇒ **indice de réfraction**  $\neq$  suivant si composante de E  
est // ou  $\perp$  à l'orientation des molécules

⇒ composantes E// et E $\perp$  ne se propagent pas à la même vitesse  
elles sont donc **déphasées** à la sortie

⇒ si bien qu'à la sortie, seule la composante de E // à l'orientation  
est transmise

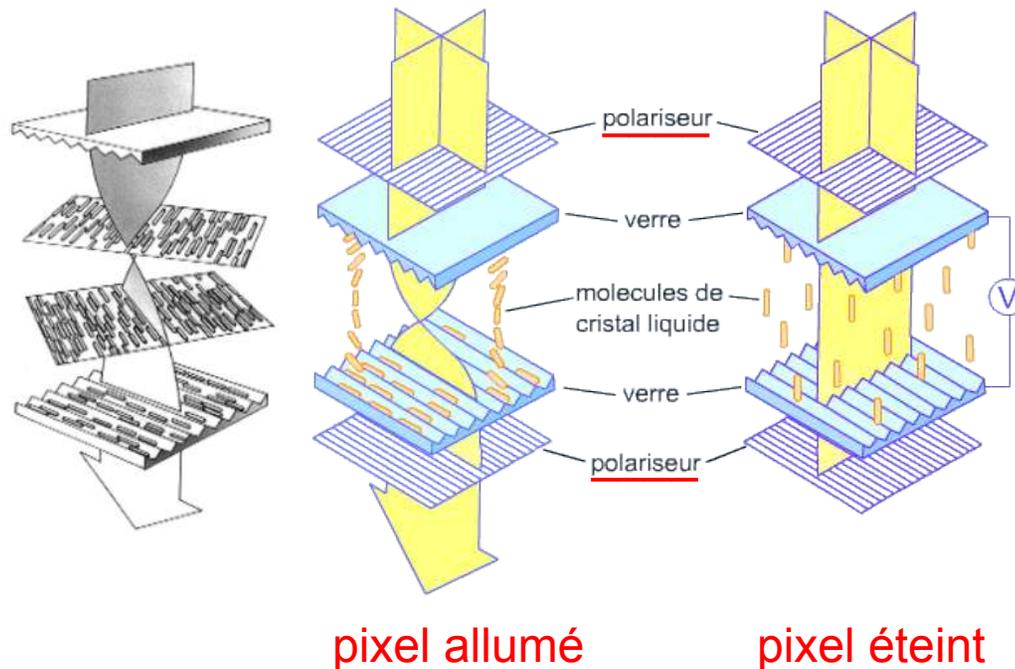
⇒ **fait tourner la polarisation de la lumière d'1/4 de tour**



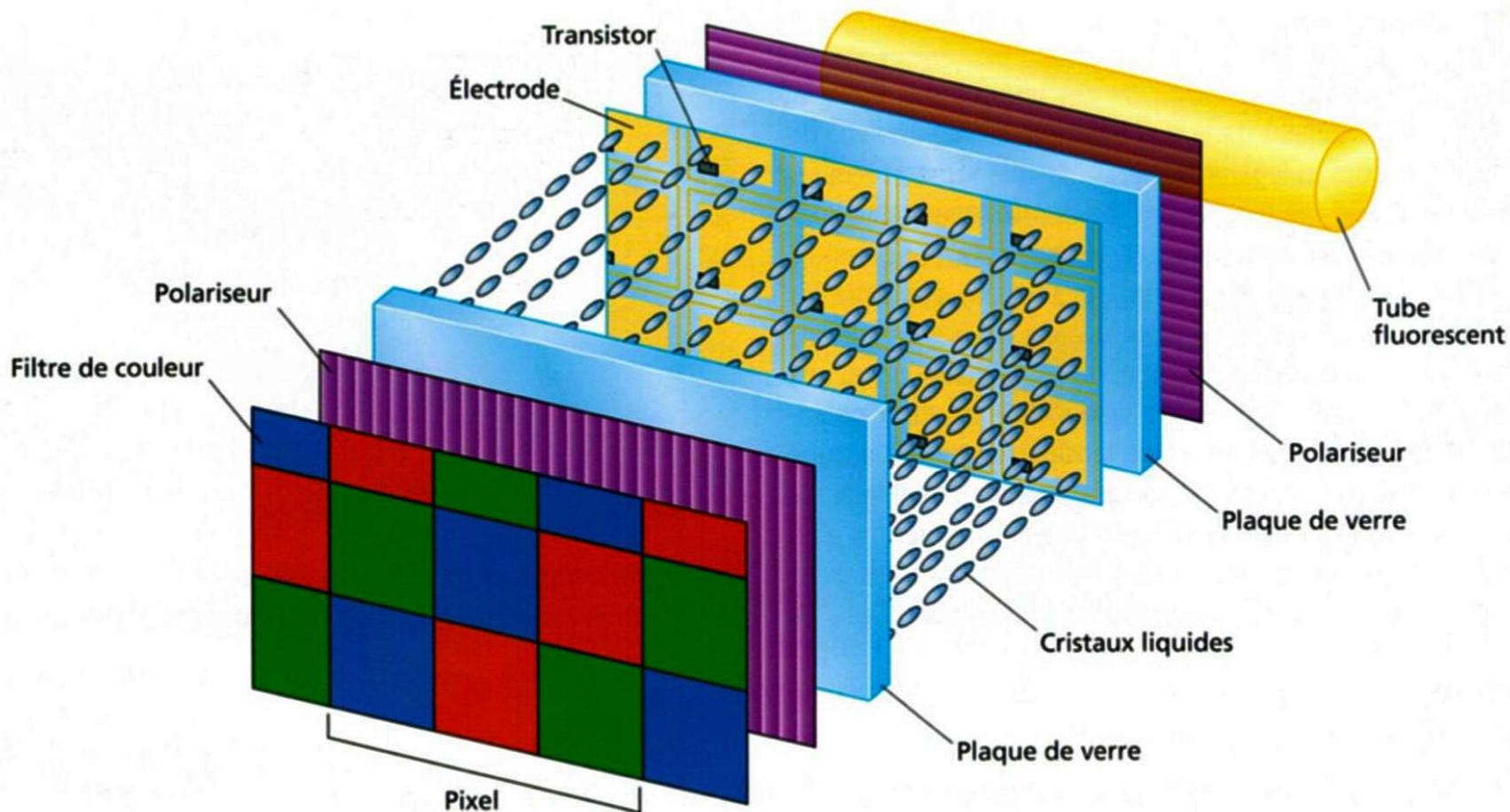
# Les écrans LCD (Liquid Crystal Display)

## *Principe de l'affichage à cristaux liquides*

- on coince ce système entre 2 polariseurs croisés
- la polarisation suit l'orientation des molécules et tourne de  $90^\circ$ 
  - ⇒ la lux passe : **le pixel est allumé**
- si on applique une tension, les molécules s'alignent parallèlement au champ
  - ⇒ la polarisation est inchangée et la lux est arrêtée : **le pixel est éteint**



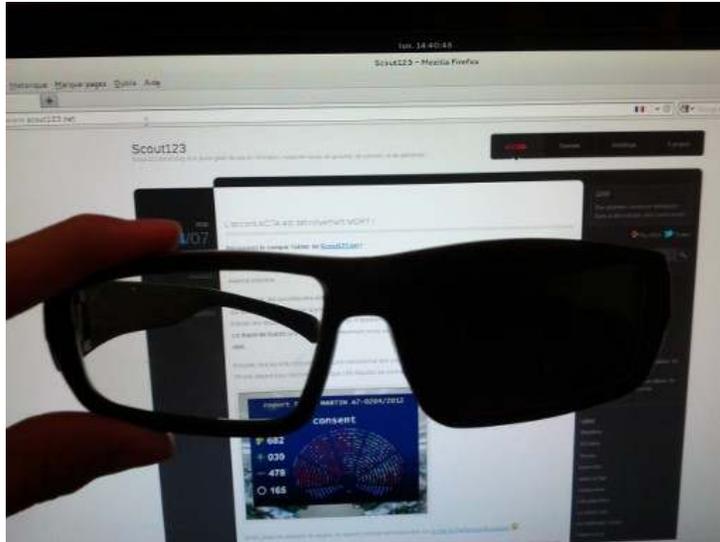
# Les écrans LCD (Liquid Crystal Display)



**10** Principe d'un écran couleur à cristaux liquides. Chaque pixel est en réalité constitué de trois sous-pixels identiques

permettant, à l'aide de filtres colorés, de reproduire une large gamme de couleurs.

# Polarisation des écrans LCD

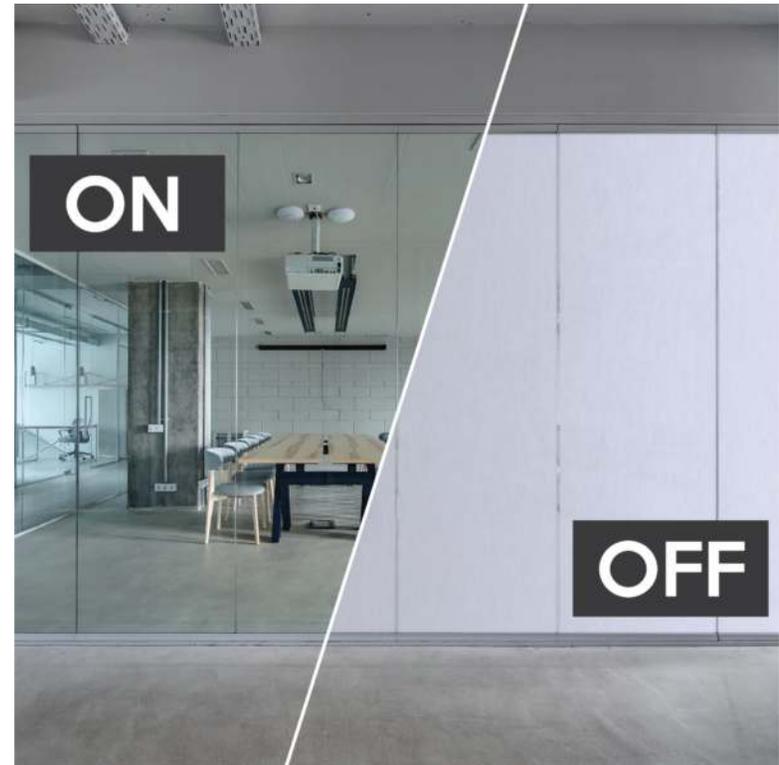


Avec lunettes à polarisation linéaire

**La lumière émise par les écrans LCD est polarisée rectilignement !**  
c'est le cas de presque tous les écrans : ordinateurs, téléphones portables, lecteurs MP3, montres digitales, calculatrices, écrans plats de TV ...

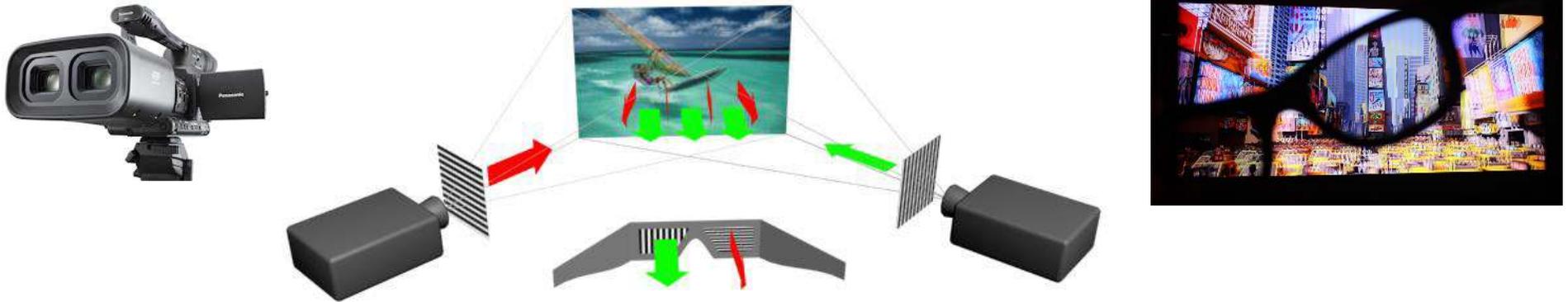


**Film polarisant sur les vitres d'un bureau**  
afin de dissimuler les données affichées  
sur les écrans



**Vitres à opacité contrôlée**  
Film polyester à cristaux liquides entre 2 verres  
=> opacité variable en faisant varier la tension

# Principe du cinéma 3D



2 images projetées avec des polarisations  $\perp$   
+ lunettes avec des verres filtrant une seule polarisation  
+ écran métallisé (pour conserver la polarisation)  
⇒ chaque œil voit une seule image

Les 2 images étant légèrement décalées : on voit en 3D

Défaut de la polarisation rectiligne :

quand on penche la tête, les polariseurs ne seront plus alignés  
⇒ chaque œil verra les 2 images !

C'est pourquoi on utilise la polarisation circulaire en 3D

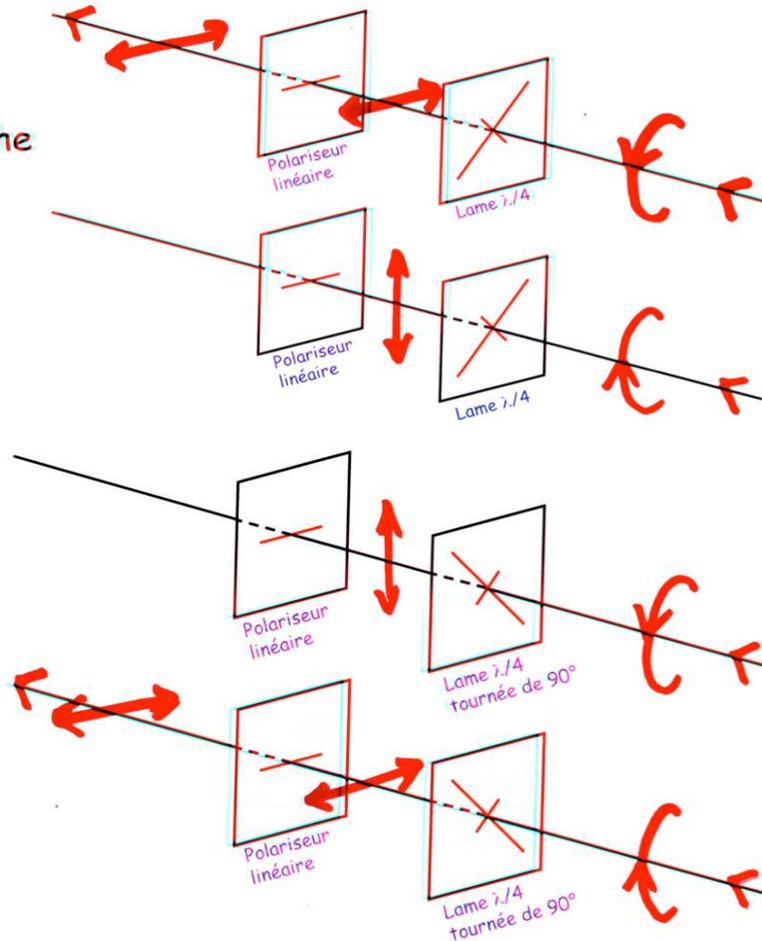
# Les lunettes 3D actuelles (de type RealD) à polarisation circulaire



Lunettes 3D : lame 1/4 d'onde (côté écran)  
+ polariseur rectiligne (côté œil)



Oeil gauche

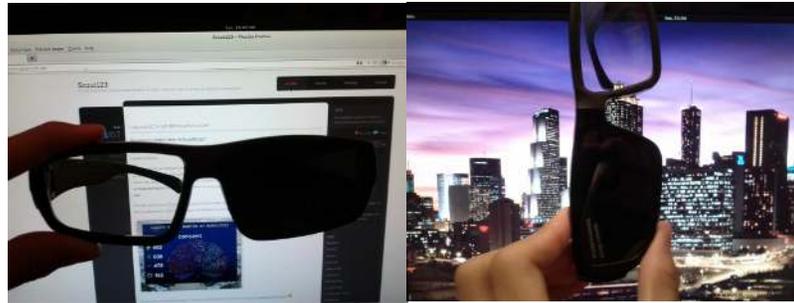


Oeil droit

Chaque verre filtre un seul type de polarisation circulaire même si on penche la tête !

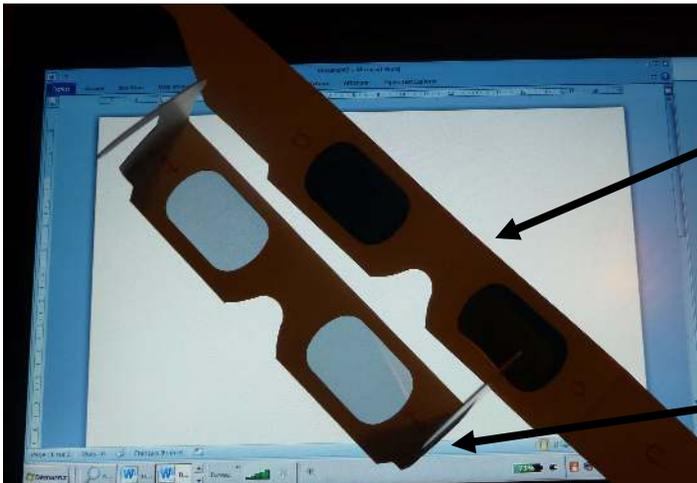
# Lunettes à polarisation linéaire ou circulaire ?

⇒ avec des lunettes polarisées rectilignement

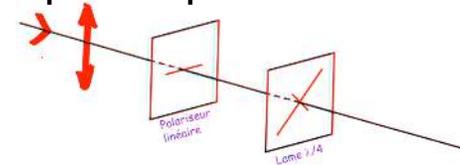


à l'endroit  
ou à l'envers!

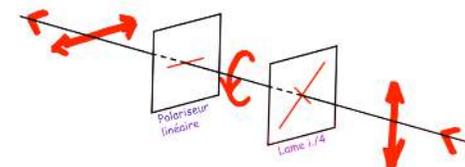
⇒ avec des lunettes polarisées circulairement



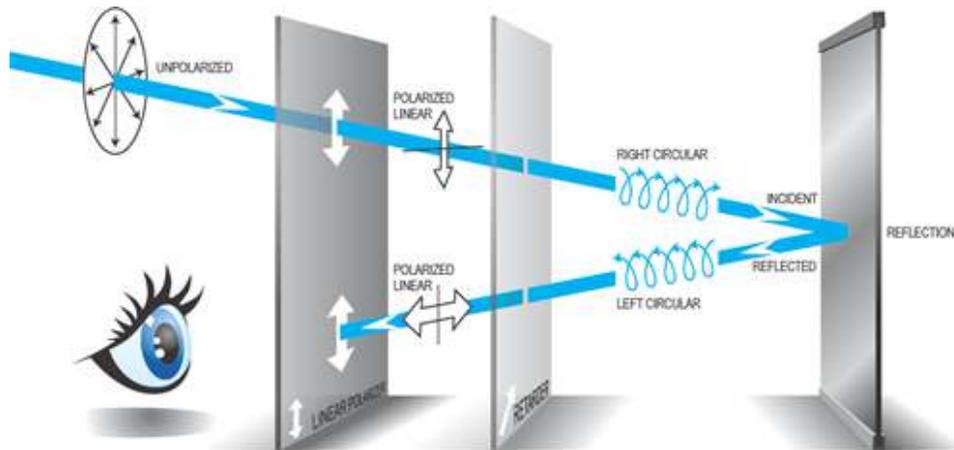
à l'envers :  $\exists$  angle pour lequel lux de l'écran ne passe pas



à l'endroit : la lux de l'écran passe tjs !



# Lunettes à polarisation linéaire ou circulaire ?



La **réflexion** sur le miroir **inverse** le sens de la polarisation circulaire.

Avec des lunettes à polarisation circulaire, la lux provenant d'un œil est arrêtée lorsqu'elle repasse par le même verre après réflexion !



linéaire



circulaire

Avec des lunettes 3D polarisées circulairement, devant un miroir, le verre qui s'obscurcit est celui par lequel on regarde !

# Lunettes à polarisation linéaire ou circulaire ?

Quand on se regarde dans un miroir avec des lunettes polarisées :



linéaire



circulaire



circulaire

Avec des lunettes 3D, dans un miroir,  
le verre qui s'obscurcit est celui par lequel on regarde !

# Matériaux biréfringents

Scotch, cellophane étirés lors de leur fabrication  $\Rightarrow$  anisotropes  $\Rightarrow$  biréfringents.

Les 2 composantes  $\perp$  de E ne se propagent pas à la même vitesse et ressortent déphasées

Le déphasage dépend de :

- l'épaisseur traversée (càd de la distance parcourue)
- $\lambda$  (car la vitesse dépend de  $\lambda$ ).

$\Rightarrow$  les  $\neq$  composantes de la lux blanche ressortent avec des polarisations  $\neq$  !

# Matériaux biréfringents

Placés entre deux polariseurs rectilignes :

le polariseur d'entrée sélectionne une composante de la lux naturelle

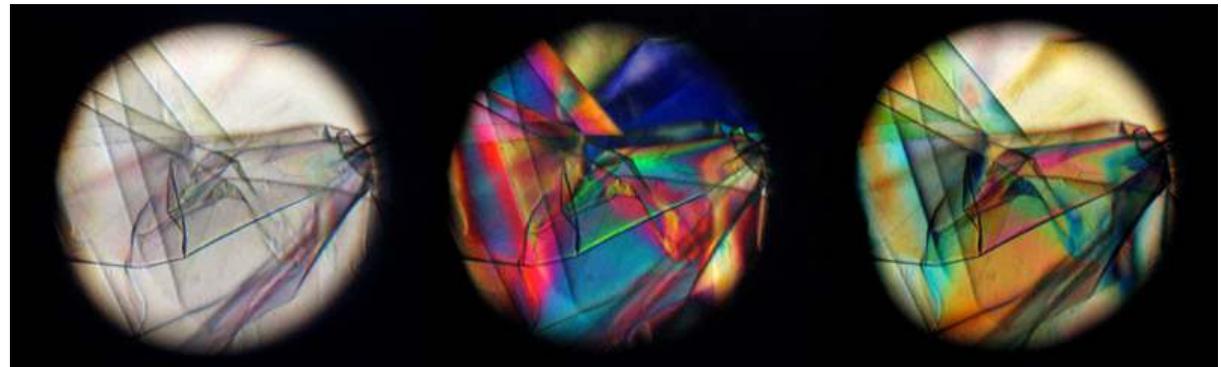
=> assure la **cohérence** des deux composantes  $\perp$  de E à la sortie du matériau  
et le polariseur de sortie **superpose** les 2 composantes

On obtient de **belles figures d'interférences** !

Et les couleurs changent quand on fait tourner un polariseur ...



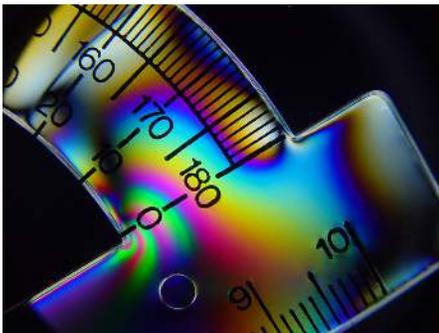
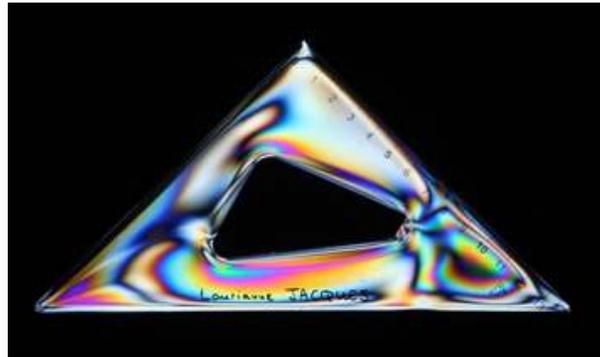
Scotch en couches  
de  $\neq$  épaisseurs



Cellophane froissé en faisant tourner un des polariseurs

# Matériaux biréfringents

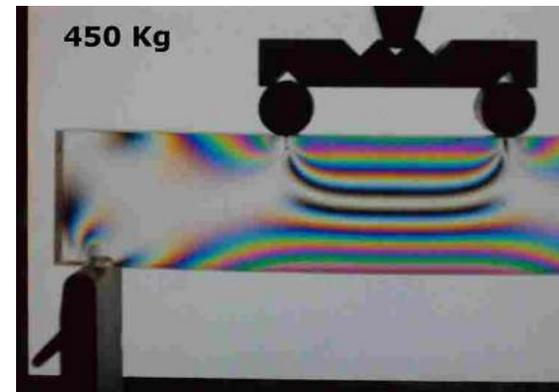
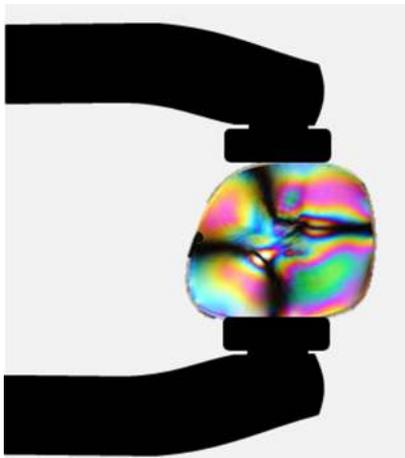
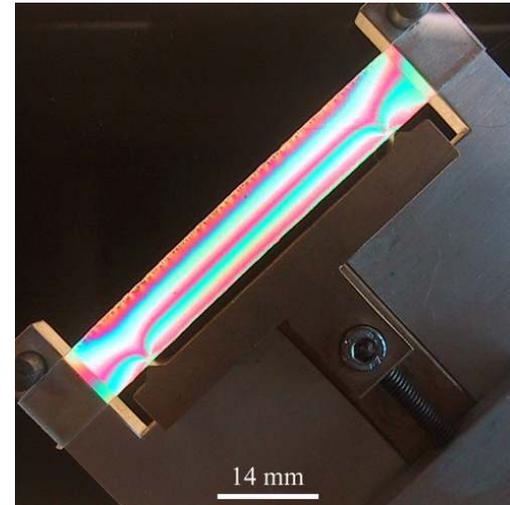
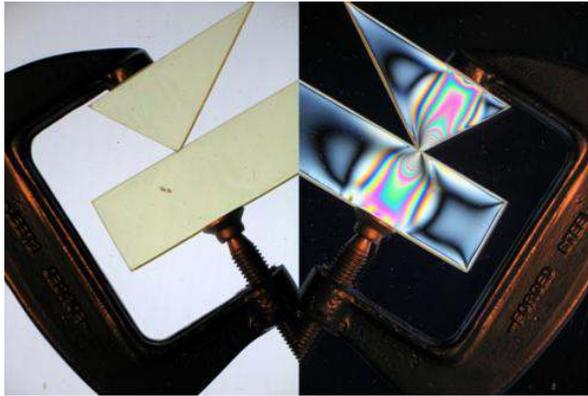
Plastique, verre : deviennent biréfringents lorsqu'ils sont **soumis à des contraintes**.  
Ci-dessous, contraintes gelées lors de la fabrication.



On voit les lignes colorées bouger lorsqu'on exerce une contrainte.

# Matériaux biréfringents

Technique utilisée pour **analyser la répartition des contraintes** : photoélasticimétrie  
-> lignes colorées d'autant + proches que la contrainte est forte



## 2 tours de magie



Vidéos n° 10