

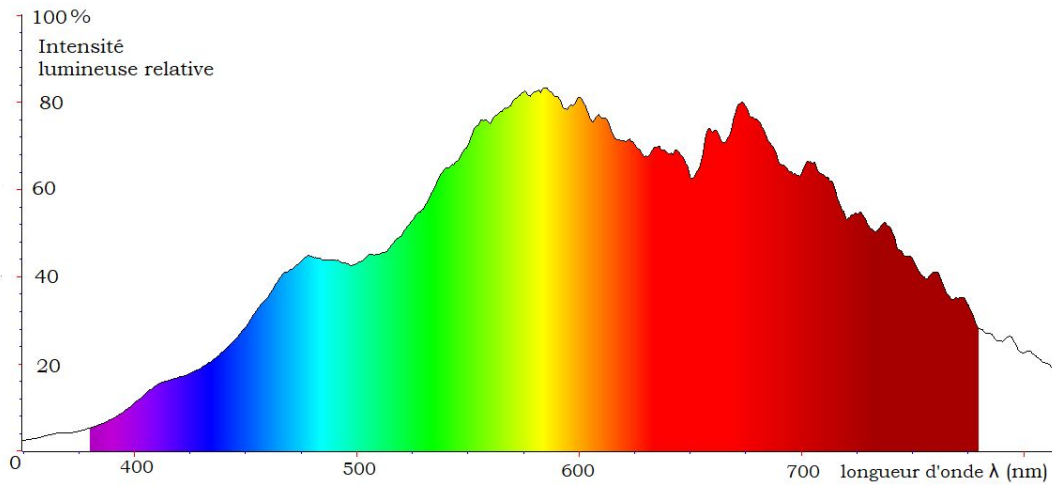
# Lumière sur le vidéoprojecteur

## Annexes

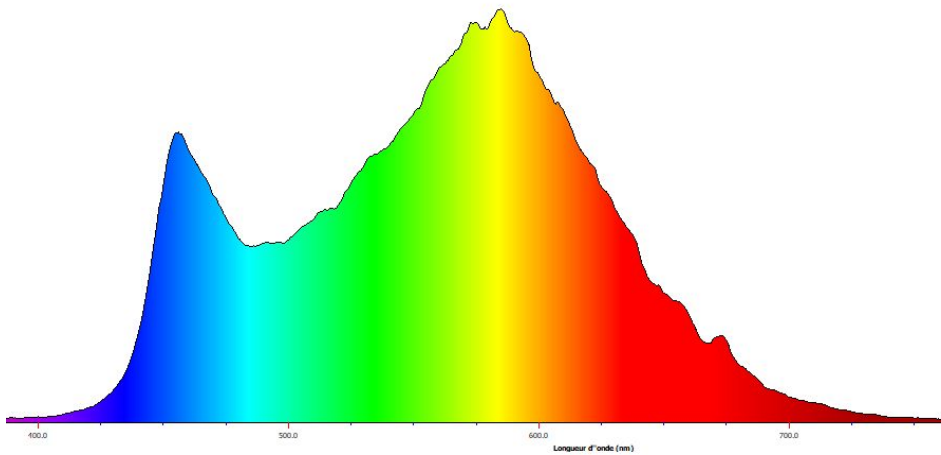
<b>Annexe 1: Les spectres des lampes utilisées</b>	<b>2</b>
<b>Annexe 2: Calcul de différence de marche</b>	<b>3</b>
<b>Annexe 3: Reconstitution du cercle chromatique avec le prisme</b>	<b>3</b>
<b>Annexe 4 : Ecrans LCD</b>	<b>5</b>
<b>Annexe 5: Vérification de la loi de Malus</b>	<b>6</b>

# Annexe 1: Les spectres des lampes utilisées

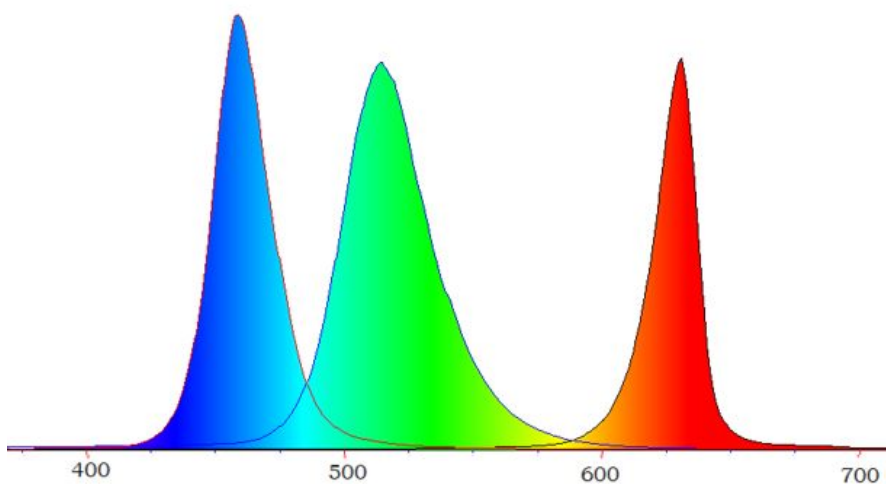
## Spectre de la lampe à incandescence



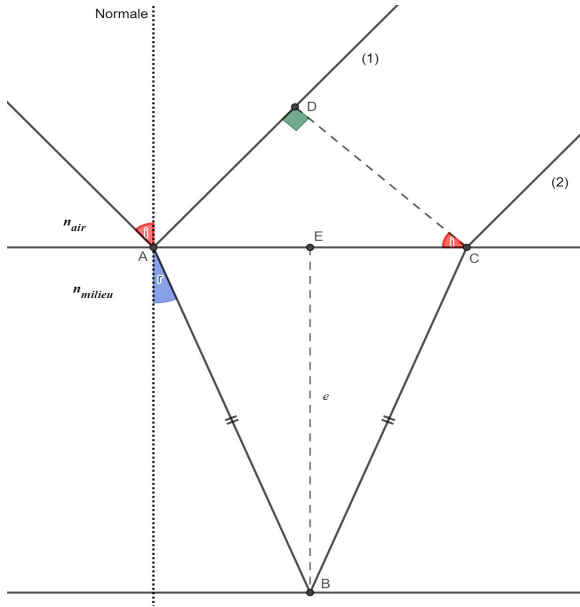
## Spectre de la lampe LED d' IKEA



## Spectre de la lampe trichrome



## Annexe 2: Calcul de différence de marche



Nous interprétons géométriquement la différence de marche. Ainsi, nous avons :

$$\delta = n (AB + BC) - AD$$

$$\delta = \frac{2ne}{\cos r} - AD \quad \text{car } \cos(r) = \frac{e}{AB} \Leftrightarrow AB = \frac{e}{\cos(r)}$$

$$\text{et } AB + BC = 2AB$$

$$\text{Or, } AD = \sin(i) \times 2AE$$

$$AD = \sin(i) \times 2 \times e \times \tan(r)$$

$$\text{On a donc : } \delta = \frac{2ne}{\cos(r)} - \sin(i) \times 2 \times e \times \tan(r)$$

$$\delta = \frac{2ne - \sin(i) \times 2 \times e \times \tan(r) \times \cos(r)}{\cos(r)}$$

mais

$$\cos(r) \times \tan(r) = \sin(r)$$

$$\delta = \frac{2ne - \sin(i) \times 2 \times e \times \sin(r)}{\cos(r)} \quad \text{et d'après la loi de Snell-Descartes : } \sin(i) = n \times \sin(r)$$

$$\delta = \frac{2ne - 2 \times n \times e \times \sin^2(r)}{\cos(r)} \quad \delta = 2ne \times \frac{1 - \sin^2(r)}{\cos(r)} \quad \delta = 2 \times n \times e \times \cos(r)$$

Cependant, la réflexion d'un rayon lumineux provenant d'un milieu moins réfringent sur un milieu plus réfringent introduit une différence de marche supplémentaire de  $\frac{\lambda}{2}$ . Ainsi la différence de marche entre deux rayons réfléchis consécutifs est  $\delta = 2nec\cos(r) + \frac{\lambda}{2}$ .

Néanmoins, ce  $\frac{\lambda}{2}$  supplémentaire n'a pas d'incidence sur la dépendance angulaire de  $\delta$  c'est pour quoi on dira que  $\delta = 2nec\cos(r)$  pour deux rayons réfléchis consécutifs.

## Annexe 3: Reconstitution du cercle chromatique avec le prisme

Nos montages sont présentés sur les photos 2-3. Pour parvenir à reconstituer le cercle chromatique de façon convenable, il nous aurait fallu des lampes à filaments donc au spectre continu (lumière blanche) pour disposer de toutes les couleurs afin de reconstituer le cercle chromatique intégralement. De plus ces lampes devaient être disposées parallèlement à chaque face, car un léger angle provoquait un décalage tel que les couleurs projetées ne se rejoignaient pas et formaient des "taches" séparées, voire un changement de couleur car les filtres utilisés sont interférentiels (la couleur de la lumière dépend donc de l'angle d'incidence). Enfin toutes les lames devaient se trouver à la même distance du prisme, ayant une intensité et un rayon lumineux identiques entre eux; si l'un des ces paramètres était faussé, les composantes rouge-vert-bleu étant inégalement réparties et le cercle chromatique était erroné, l'effet le plus frappant étant la présence d'une couleur au lieu du blanc central. Toutefois à force de tentatives (et d'un changement de lampes), nous avons pu obtenir des résultats satisfaisants (photo 4) sans parvenir au "cercle parfait" (photo 5).

Photo 2 : Les lampes ont un spectre continu, mais sur chaque face un filtre ne laisse passer qu'une couleur primaire ; en décalant légèrement les lampes, on obtient 3 raies dont une rouge, une verte et une bleue.

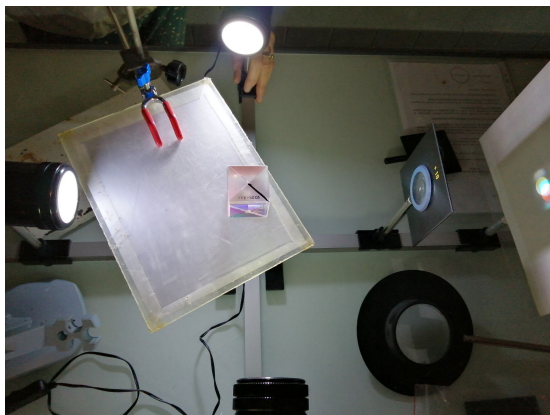


Photo 3

Tentative de montage afin d'obtenir le cercle chromatique en synthèse additive, avec deux bancs optiques croisés et une lentille.

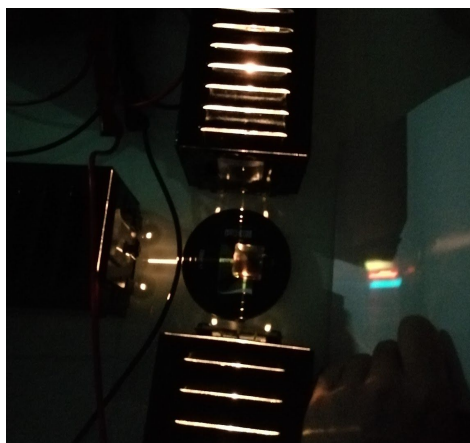


Photo 4 : projection du "cercle" des couleurs primaires en synthèse additive grâce au prisme, au lycée

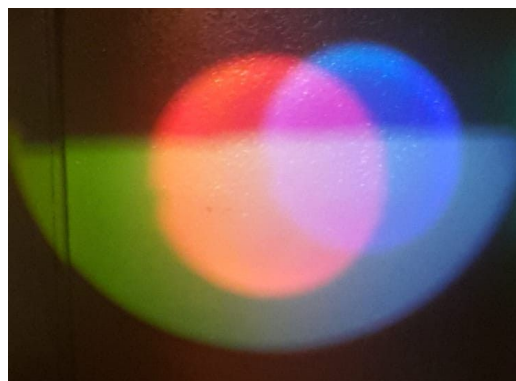
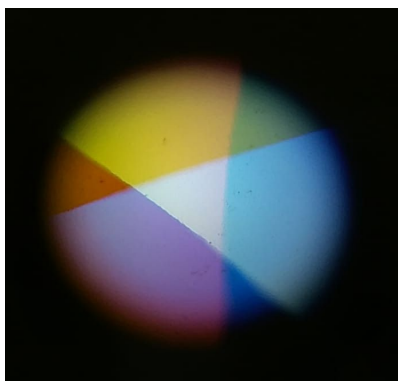


Photo 5: cercle chromatique obtenu à l'ILM par M.Chemins; on note le blanc central et la perfection de l'ensemble, obtenu grâce à un matériel d'optique dédié et précis.

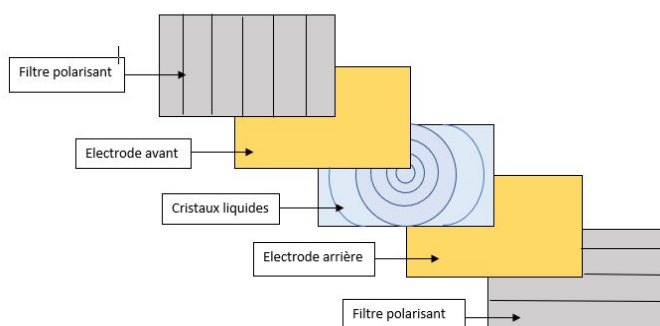


## Annexe 4 : Ecrans LCD

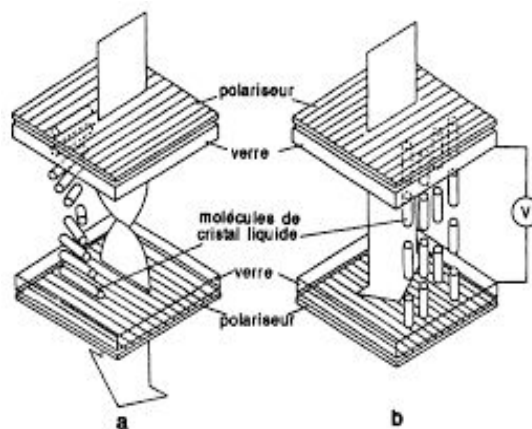
Un écran LCD (Liquid Cristal Display) est un dispositif optique passif, c'est-à-dire qu'il n'émet pas de lumière et doit donc disposer d'un éclairage, comme c'est le cas dans un vidéoprojecteur. Il utilise la polarisation de la lumière au moyen de filtres polarisants et de cristaux liquides, dont les molécules peuvent changer d'orientation. Dans un écran LCD, c'est la transparence qui varie en fonction de l'orientation des cristaux liquides.

L'orientation des cristaux liquides est contrôlée par des électrodes situées dans les verres gradués, car c'est une différence de potentiel plus ou moins élevée qui modifie l'orientation de leurs molécules, soit le plan de polarisation de chaque pixel. Cet ensemble est lui-même compris entre deux polariseurs disposés à  $90^\circ$  l'un de l'autre, afin de ne transmettre que les ondes lumineuses prévues.

Schéma de la structure d'un écran LCD



Transmission de la lumière dans l'écran LCD



Les cristaux liquides en phase nématique (état intermédiaire de la matière entre les phases solide cristalline et liquide) sont de petites molécules de forme allongée connues depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Dans les schémas, ils sont habituellement modélisés par de petits bâtons. Ces molécules bougent aléatoirement dans un liquide. Cependant, elles peuvent être orientées par un champ électrique. Elles sont alors toutes ordonnées dans le même sens à la manière des cristaux (d'où leur nom: cristaux liquides).

Dans le montage du vidéoprojecteur, les cristaux liquides se situent entre deux plaques de verre gravées et comportant des électrodes. On choisit arbitrairement que la première est gravée verticalement et la seconde horizontalement. Naturellement, les cristaux liquides tendent à s'orienter dans le même sens que les gravures. Ils forment alors une hélice (voir schéma de droite) qui leur permet d'être dans le même sens que les deux plaques qui les entourent.

En plaçant un polariseur vertical à l'entrée et un autre horizontal à la sortie, on fait passer une lumière polarisée dans le montage (on note qu'il est important que les polariseurs soient dans le même sens que les gravures du verre dont ils sont à côté). La polarisation de la lumière va suivre l'orientation en hélice des cristaux liquides et être tournée à  $90^\circ$ . La lumière pourra alors passer dans le second polariseur et être transmise (voir schéma).

Maintenant, avec le même montage, les électrodes vont appliquer un champ électrique déterminé par ordinateur, aux cristaux liquides et les orienter, par exemple, parallèlement au mouvement de propagation de la lumière. La lumière polarisée ne sera pas affectée par l'orientation des cristaux liquides et sa polarisation ne changera pas. Elle ne pourra pas passer le second polariseur et ne sera pas transmise (voir schéma).

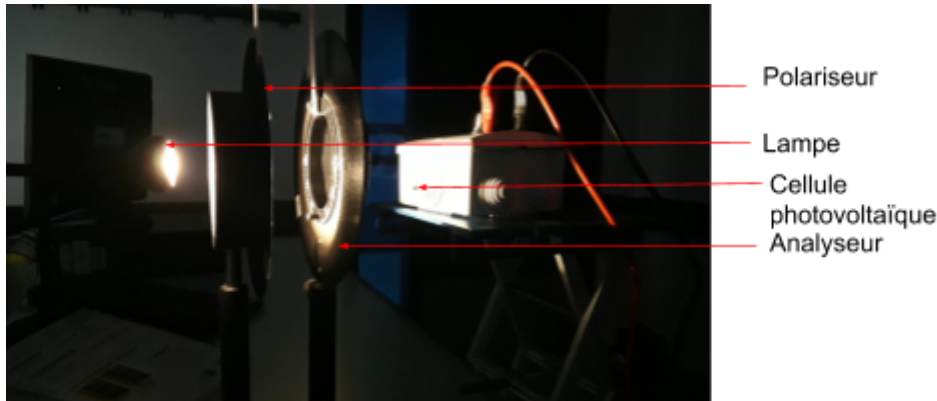
On peut donc comprendre que selon si le champ électrique est appliqué ou pas aux cristaux liquides, la lumière peut ou ne peut pas être transmise. On peut supposer que selon l'angle de rotation de l'hélice formée par les cristaux liquides en phase nématique, l'intensité lumineuse qui traverse le second polariseur est plus ou moins importante.

Dans le vidéoprojecteur, la lumière arrivant sur les écrans est monochromatique, c'est-à-dire que seule une couleur (ici rouge, vert ou bleu) arrive sur l'écran LCD. En variant l'intensité de la lumière colorée qui passe au travers de chaque écran, on obtient toutes les couleurs du spectre visible par synthèse additive.

Chaque écran permet donc d'obtenir l'image à projeter, en monochrome (une bleue, une verte et une rouge), grâce à une variation de transparence par polarisation de la lumière, exploitée par les cristaux liquides orientés à volonté selon les électrodes. Ces trois images sont alors recomposées pour former une seule image polychromatique, grâce au bon "dosage" de chaque couleur dans chacun des pixels.

## Annexe 5: Vérification de la loi de Malus

Nous plaçons un polariseur et un analyseur devant une lampe. Après l'analyseur, nous installons une cellule photovoltaïque. On fait varier l'angle  $\alpha$  entre le polariseur et l'analyseur de  $90^\circ$  jusqu'à  $0^\circ$  avec l'axe du polariseur fixe et en tournant l'analyseur de  $5^\circ$  en  $5^\circ$ . Nous mesurons la tension  $U$  aux bornes de la cellule photovoltaïque, qui est proportionnelle à l'intensité de la lumière sortant de l'analyseur  $I$ . Nous notons  $U_0$  la tension maximale mesurée quand l'analyseur est parallèle au polariseur, c'est-à-dire la tension correspondante à l'intensité  $I_0$  arrivant sur l'analyseur.



Nous entrons dans un tableau les différentes valeurs de l'angle  $\alpha$  et les valeurs  $U$  correspondantes. Etant donné que nous ne sommes pas dans le noir absolu et que l'intensité lumineuse n'est pas nulle lorsque les deux polariseurs sont croisés, on a enlevé ce  $U_{\min}$  à toutes les valeurs  $U$ . Via le tableur, nous effectuons le calcul  $\cos^2(\alpha)$  d'une part et celui de  $\frac{U}{U_0}$ .

Comme  $U$  est proportionnel à  $I$ ,  $\frac{U}{U_0} = \frac{I}{I_0}$ . Nous traçons alors  $\frac{I}{I_0}$  en fonction de  $\cos^2(\alpha)$  (voir graphique ci-dessous). Nous avons modélisé les résultats obtenus par une fonction affine qui a pour équation  $\frac{I}{I_0} = 0,9817 \times \cos^2(\alpha) + 0,0281$ . Ce dernier terme étant négligeable, le coefficient est quasiment égal à 1 et la fonction est par conséquent pratiquement linéaire.

