

# Quelques manipulations d'optique en quatrième

par S. BETTON  
Collège Louis Pasteur - 81300 Graulhet

---

Le propos est ici de décrire une série de manipulations à faire réaliser par les élèves et nécessitant un matériel peu onéreux de conception simple.

Ces manipulations touchent aux domaines suivants du programme de quatrième : sources de lumière, objets diffusants, la couleur, synthèses, la propagation rectiligne de la lumière, les ombres, l'œil (toujours présent), la formation d'une image à l'aide d'une lentille convergente.

## 1. DESCRIPTION DU MATÉRIEL

Matériel pour un groupe d'élèves (deux élèves) couvrant l'ensemble des manipulations.

### 1.1. Une source de lumière

N'importe quelle source est utilisable. Pour ma part je travaille avec des lampes de poche sur lesquelles ont été fixées des bornes de 4 mm afin de les alimenter avec un générateur de tension autre qu'une pile (alimentation 4,5 V par exemple).

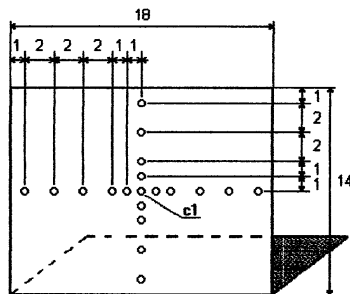
### 1.2. Un support pour diapositives

C'est un support dans lequel on va pouvoir glisser une ou deux diapositives, conçu soit pour être fixé directement sur la source, soit pour être placé devant cette dernière.

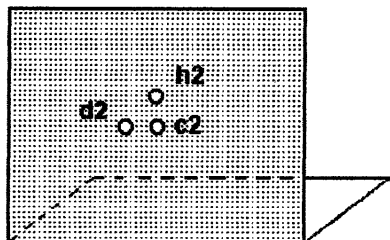
Si on ne souhaite pas fabriquer de tels supports, il est possible, si on travaille avec des lampes de poche, de maintenir les diapositives en place simplement avec un ou deux bracelets élastiques.

### 1.3. Trois écrans

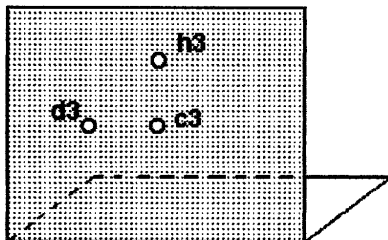
Ces écrans sont découpés dans une feuille d'aluminium dit «bronze» de 1,5 mm d'épaisseur (on en trouve chez les artisans s'occupant de menuiserie aluminium, en général ils font les découpes). Ces feuilles présentent une face «bronze» (très absorbante) et une face «aluminium».



Ecran E1



Ecran E2



Ecran E3

Ces feuilles sont ensuite pliées à 90° à l'aide d'une plieuse (présente dans les ateliers de technologie).

Pour un écran de 14 cm de hauteur, prévoir un pied de 5 à 6 cm.

Un écran (E1) est plié de telle sorte que le côté «aluminium» constitue la face externe du dièdre, les deux autres écrans (E2 et E3) sont pliés de façon que ce soit le côté «bronze» qui constitue la face externe du dièdre.

Les perçages sont d'un diamètre de 1,5 à 2,5 mm.

Les dimensions (en centimètres) données sur le dessin ci-dessus, le sont à titre indicatif.

Il est important de percer des trous c1, c2 et c3 à une hauteur correspondant à celle à laquelle se trouve la lampe de la source lorsque cette dernière est posée sur la table.

#### **1.4. Fil de pêche**

Un morceau de 75 cm de fil «fluorescent» de 50/100<sup>ème</sup>.

Ce type de fil présente un triple avantage : la coupure faite avec une paire de ciseaux est franche, il se voit très bien même dans une salle où il y a peu de lumière ; tout en étant souple il présente un minimum de tenue.

#### **1.5. Une série de feuilles de papier**

Ces feuilles, possédant des dimensions légèrement inférieures à celles des écrans, pourront être maintenues en place contre ceux-ci à l'aide de deux pinces crocodiles.

Une feuille de papier blanc percée de trous correspondant à ceux de l'écran E1.

Une feuille blanche, une feuille gris clair, une feuille anthracite non perforées.

Une feuille blanche, une feuille rouge, une feuille bleue, une feuille verte et une feuille noire perforées au centre.

Une feuille gris anthracite non perforée sur laquelle on colle quatre pastilles (2 cm × 2 cm) autour de son barycentre (une blanche, une rouge, une bleue et une noire).

Les perforations lorsqu'il y en a doivent avoir un diamètre légèrement supérieur à celui des trous des écrans, elles sont faites avec un emporte-pièce (atelier de technologie ou magasin vendant du matériel de bricolage).

Pour une manipulation donnée, on ne distribuera aux élèves que les feuilles dont ils ont besoin.

### 1.6. Des objets

On peut utiliser des petits personnages (Lego ©, Playmobil ©, ...), des boîtes d'allumettes, une sphère prise dans la collection de modèles moléculaires montée sur une tige de liaison et fixée sur un support de bois, ...

Un empilement de huit «briques» Lego © (deux blanches, deux rouges, deux bleues, deux noires).

### 1.7. Une lentille convergente

On dispose souvent dans les établissements de lentilles convergentes en matières plastiques de diamètre voisin de 40 mm et montées sur cadres ou supports (lentilles utilisables sur les petits bancs d'optique).

On peut distribuer dans la classe des lentilles de vergences différentes (distances focales comprises entre 10 et 20 cm).

### 1.8. Une série de diapositives

Ces diapositives sont réalisées à partir de montures en carton ou en matière plastique, vendues en grande surface au rayon photographie.

Les filtres colorés sont découpés dans des feuilles que l'on peut se procurer chez les revendeurs de matériels pour spectacles, puis placés sur des montures pour diapositives.

Les caches sont découpés suivant les cas dans du papier noir, du papier calque, des feuilles de transparents pour rétroprojecteur, puis placés sur des montures pour diapositives.

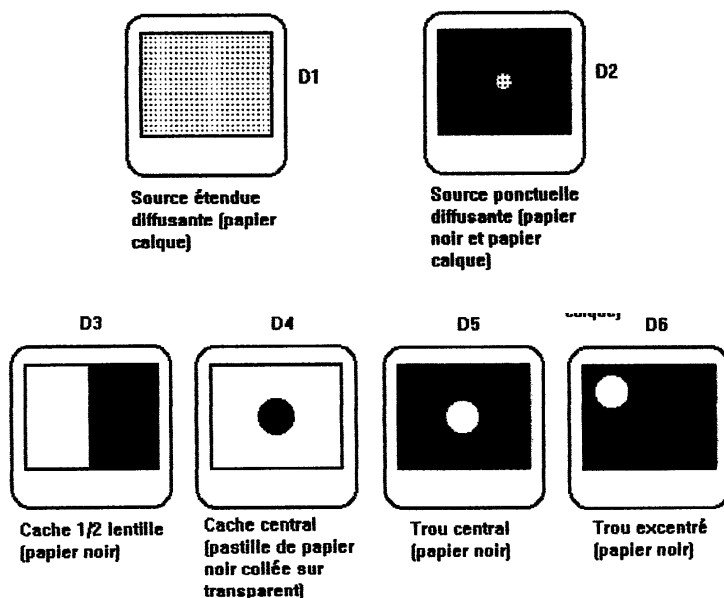
## Filtres

Un rouge (Fr), un vert (Fv), un bleu (Fb), un jaune (Fj), un magenta (Fm), un cyan (Fc).

## Caches

Les caches D1 et D2 permettent, en diffusant la lumière, d'obtenir sur les écrans un *éclairement* sensiblement uniforme.

Les caches D3 à D6 permettent de masquer différentes parties d'une lentille lorsqu'ils sont disposés tout contre cette dernière.



## 2. QUELQUES EXEMPLES D'UTILISATION DU MATÉRIEL DÉCRIT

Tous les schémas de ce paragraphe sont présentés en vue de dessus.

### 2.1. Les sources de lumière

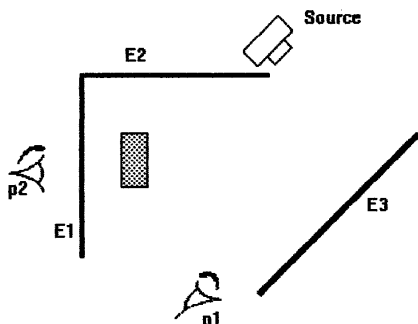
#### 2.1.1. Sources primaires

Un personnage Lego © (ou autre objet) est posé sur la table dans une salle obscure. L'utilisation d'une source primaire permet de voir apparaître les détails et les couleurs de l'objet.

#### 2.1.2. Sources secondaires - Objets diffusants

Un personnage Lego © (ou autre objet) est posé sur la table dans une salle obscure et on dispose d'une source primaire mais la lumière qu'elle émet ne peut plus éclairer l'objet directement.

– Nécessité d'employer un objet diffusant (main puis écran E3 recouvert d'une feuille blanche) si on souhaite voir apparaître les détails et les couleurs de l'objet.



On peut mener des observations de part et d'autre de E1 (positions p1 et p2 "au travers des trous de l'écran"). Il existe une zone éclairée et une zone sombre.

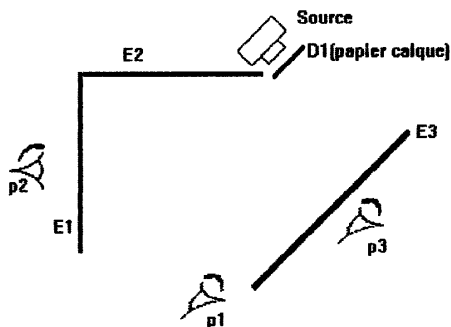
- Travail sur : l'orientation de E3, la distance source-E3 et la distance objet-E3.
- On change l'aspect de E3 en remplaçant la feuille blanche par une feuille gris clair puis gris anthracite.
- Ouverture sur le chapitre consacré à la couleur en plaçant contre E3 des feuilles colorées.

## 2.2. La couleur

### 2.2.1. Lumière blanche, Lumière colorée par diffusion

Même dispositif expérimental qu'en 2.1.2., mais l'objet a été retiré et l'écran E1 est recouvert de la feuille de papier blanc perforée.

On note les sensations colorées produites sur l'œil en fonction de la «couleur» de l'écran E3.



Positions d'observations :

- p1, regarder E1 ;
- p2, regarder en direction de E3 au travers de E1 ;
- p3, regarder en direction de la source au travers de E3.

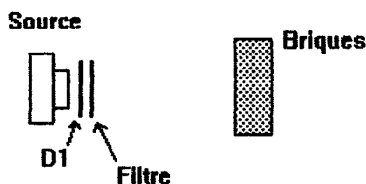
|    | Couleur de l'écran E3 |              |             |              |
|----|-----------------------|--------------|-------------|--------------|
|    | Blanc                 | Rouge        | Vert        | Bleu         |
| p1 | <i>Blanc</i>          | <i>Rouge</i> | <i>Vert</i> | <i>Bleu</i>  |
| p2 | <i>Blanc</i>          | <i>Rouge</i> | <i>Vert</i> | <i>Bleu</i>  |
| p3 | <i>Blanc</i>          | <i>Blanc</i> | Blanc       | <i>Blanc</i> |

**Exploitation** : on peut alors faire une hypothèse sur la nature de la lumière blanche (la lumière blanche «contient» déjà les lumières produisant sur notre œil des sensations colorées et l'écran E3 les diffuse toutes ou seulement une partie) que l'on pourra confirmer par les manipulations habituelles faisant intervenir un réseau\*.

Autres manipulations possibles en plaçant successivement devant le cache D1 des filtres colorés.

### 2.2.2. La couleur des objets diffusants selon la source d'éclairement

L'objet que l'on va utiliser ici est un bloc constitué de huit briques Lego © (deux blanches, deux rouges, deux bleues, deux noires), que l'on place devant une source munie du cache D1 et d'un filtre coloré rouge ou bleu.



\* N.D.L.R. : Il s'agit ici d'interpréter l'apparition de couleur comme un appauvrissement de la lumière blanche, ce qui est très loin des représentations des élèves, où la couleur est plutôt conçue comme un apport (de matière colorante) que comme une perte (de lumière). Cette manipulation tient compte de l'obstacle en mettant l'accent sur la lumière diffusée davantage que sur l'objet lui-même. Cependant l'hypothèse présentée par l'enseignant devra prouver sa supériorité lors des manipulations suivantes grâce à de multiples prévisions suivies de vérifications expérimentales.

On observe la lumière émise par la source et la lumière diffusée par les différentes parties de l'objet :

- les briques «blanches» produisent toujours sur l'œil la même sensation colorée que la source ;
- les briques «rouges» ne produisent sur l'œil une sensation de rouge que lorsque la source émet une lumière blanche ou rouge ;
- les briques «bleues» ne produisent sur l'œil une sensation de bleu que lorsque la source émet une lumière blanche ou bleue ;
- les briques noires nous apparaissent toujours comme étant noires, quelle que soit la lumière émise par la source.

**Exploitation** : Réinvestissement du paragraphe précédent ; les filtres, comme les objets diffusants, «trient» les lumières colorées. Absorption, diffusion, transmission.

Cette manipulation peut aussi être réalisée en remplaçant les briques par une feuille grise appliquée contre un des écrans et sur laquelle ont été collées des pastilles colorées.

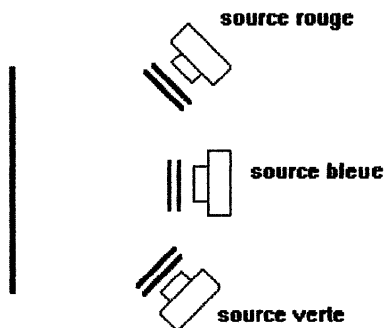
## 2.3. Synthèse additive - Synthèse soustractive

### 2.3.1. Synthèse additive

Trois groupes d'élèves mettent leur source de lumière en commun pour réaliser le montage.

Chaque source est munie d'un cadre D1 et d'un filtre coloré.

L'écran est recouvert d'une feuille de papier blanc.



On observe les sensations colorées produites sur l'œil lorsque :

- une seule source brille ;
- deux sources sur les trois brillent ;
- les trois sources brillent.

La source bleue, en général moins intense, gagne à être rapprochée de l'écran.

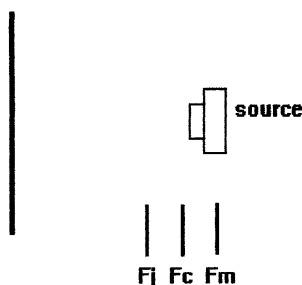
On peut faire varier l'importance relative de la contribution d'une source en modifiant la distance de la source considérée à l'écran.

Si on fabrique un tétraèdre régulier avec du papier blanc, on peut réaliser certaines des manipulations décrites dans l'article de Mme Françoise CHAUVET : «Conception et premiers essais d'une séquence sur la couleur» (B.U.P. n° 750 - Janvier 1993 - pages 1 à 28).

**Exploitation** : Réinvestissement du paragraphe 2.2.

### 2.3.2. Synthèse soustractive

Une source de lumière (blanche) ; les filtres : jaune, magenta, cyan ; un écran recouvert de feuille de papier blanc.



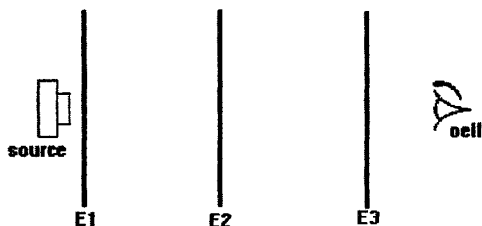
On observe les sensations colorées produites sur l'œil, lorsqu'on place devant la source :

- successivement chacun des filtres ;
- les filtres superposés deux à deux ;
- les trois filtres superposés.

**Exploitation** : Réinvestissement du paragraphe 2.2.

#### 2.4. La propagation rectiligne de la lumière

La source est placée contre l'écran E1 qui est équipé de la feuille noire perforée au centre (l'écran ne présente alors plus qu'un trou : c1, qui joue le rôle de trou source).



L'élève dispose l'écran E2 derrière E1 puis au travers du trou central c2 il vise c1.

En prenant garde à ne rien déplacer, il dispose l'écran E3 derrière E2 et il vise à nouveau c1 mais au travers du trou c3.

Après avoir retiré la source, l'élève passe délicatement le fil de pêche fluorescent au travers des trous c1, c2, c3 et le tend : il est rectiligne.

La manipulation est alors reprise :

- avec les trous c1, d2, d3 ;
- avec les trous c1, h2, h3.

La propagation est aussi rectiligne sur les côtés et vers le haut (ou le bas).

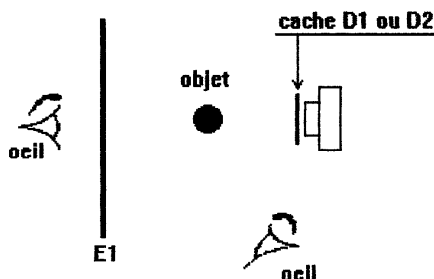
#### 2.5. Une conséquence de la propagation rectiligne de la lumière : les ombres

Pour toutes les manipulations de ce paragraphe l'écran E1 est muni de la feuille de papier blanc perforée comme lui, de trous disposés en croix.

L'objet employé ici peut être n'importe lequel de ceux précédemment utilisés, mais si on souhaite faire dessiner des ombres aux élèves il faut choisir un objet de forme simple : sphère de modèle moléculaire placée sur une tige de liaison longue et fixée sur un support.

### 2.5.1. Ombres- Pénombre

Le dispositif est simple : la source éclaire l'objet derrière lequel a été placé l'écran E1.



Les observations se font de part et d'autre de l'écran.

Lorsque l'œil est derrière l'écran, les observations se font successivement au travers des différents trous ; elles sont menées par l'élève pour une position déterminée de l'ensemble source-objet-écran, puis lorsque les distances objet-écran et objet-source varient.

**Exploitation :** Réinvestissement du paragraphe 2.4.

#### 2.5.1.1. Source ponctuelle

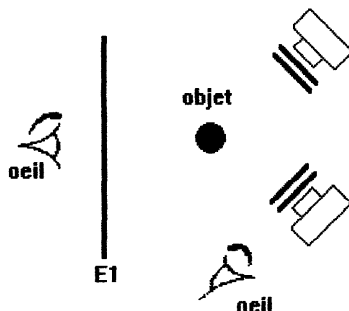
La source est munie du cache D2.

#### 2.5.1.2. Source étendue

La source est munie du cache D1.

### 2.5.2. Les ombres colorées

Cette manipulation et son interprétation peuvent être considérées comme un réinvestissement de la quasi-totalité des connaissances acquises jusqu'alors.



Deux groupes d'élèves s'associent pour réaliser cette manipulation (afin de pouvoir disposer de deux sources). Chaque source est munie d'un cache D1 et d'un filtre coloré (on peut laisser aux élèves le choix des filtres qu'ils vont utiliser).

Les observations sont, comme pour les expériences précédentes, menées de part et d'autre de l'écran.

Dans un premier temps on fait briller une seule source (l'une puis l'autre), puis les deux sources en même temps.

Lorsque deux sources brillent en même temps on peut faire varier la distance objet-écran et/ou la distance objet-source.

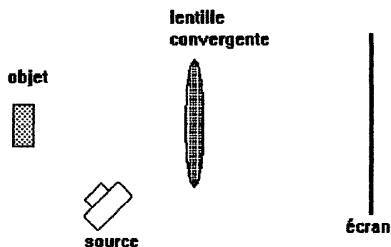
**Exploitation** : Réinvestissement avec prévisions et vérifications.

## 2.6. La formation des images à l'aide d'une lentille convergente

Cette série de manipulations n'exclut pas la réalisation du tracé des rayons lumineux sur une feuille de papier, mais cette dernière expérience nécessite un autre matériel : c'est pour cette raison qu'elle n'est pas décrite dans cet article.

### 2.6.1. Les caractéristiques de l'image donnée par une lentille convergente

Les manipulations décrites dans ce paragraphe sont celles qui étaient déjà réalisées avec un banc d'optique, mais on s'intéresse ici à l'aspect qualitatif des variations de la taille de l'image et des distances lentille-objet et lentille-écran.



De plus, l'objet dont on va observer l'image n'est pas une source primaire mais un **objet diffusant** (personnage Lego ©, ...).

Enfin, l'écran est recouvert d'une feuille de papier blanc non trouée.

### Manipulation n°1

Dans un premier temps l'élève cherche à former une image nette de l'objet sur l'écran.

Lorsqu'il y est arrivé il note les caractéristiques de cette image ainsi que les positions de l'objet, de la lentille et de l'écran (dans la suite on désigne cette disposition par l'expression : position initiale).

**Observations :** L'image est renversée, fidèle à l'objet en forme et couleurs mais pas en dimensions.

### Manipulation n°2

L'élève se place alors une trentaine de centimètres derrière l'écran, dans l'axe de ce dernier, puis le retire : il observe la même image.

### Manipulation n°3

L'écran ayant repris sa place, l'élève déplace la lentille de façon à ce que **la distance lentille-objet augmente**. Il cherche à former une image nette de l'objet sur l'écran en déplaçant aussi ce dernier.

Lorsqu'il y est arrivé, il note les caractéristiques de cette image et il mesure au double décimètre la distance lentille-écran.

Il répète l'opération plusieurs fois.

**Observations :** Il est toujours possible de former une image de l'objet. Cette image reste renversée, fidèle à l'objet en formes et couleurs. Les dimensions de l'image diminuent en même temps que la distance lentille-écran.

### Manipulation n°4

Après avoir remis l'ensemble du matériel dans la position initiale, l'élève refait la manipulation précédente mais cette fois-ci il déplace la lentille de façon à ce que la distance lentille-objet diminue.

**Observations :** Il n'est pas toujours possible de former une image de l'objet sur l'écran. Lorsqu'elle existe cette image reste renversée fidèle à l'objet en formes et couleurs, ses dimensions augmentent en même temps que la distance lentille-écran.

### Manipulation n°5

L'élève cherche par tâtonnements, puis mesure la distance lentille-objet en deçà de laquelle il n'est plus possible de former une image nette sur un écran (distance focale).

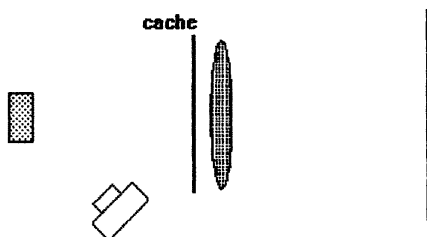
### Manipulation n°6

L'élève place la lentille à une distance de l'objet inférieure à la distance focale puis se place à une trentaine de centimètres derrière la lentille.

**Observations :** On voit une image **droite, plus grande** que l'objet et fidèle à ce dernier en forme et couleur (utilisation d'une lentille convergente «en loupe»).

#### 2.6.2. Que devient l'image lorsqu'on masque certaines parties de la lentille ?

L'élève place l'ensemble du métal dans la position initiale puis glisse successivement devant la lentille les caches D3 et D6.



**Observations :** Quelle que soit la partie de lentille qui est cachée, les caractéristiques de l'image ne changent pas **si ce n'est que** plus la partie opaque du cache est importante et moins l'image est lumineuse.