

TRAVAIL PRATIQUE No. 2A: Photométrie d'un rétroprojecteur

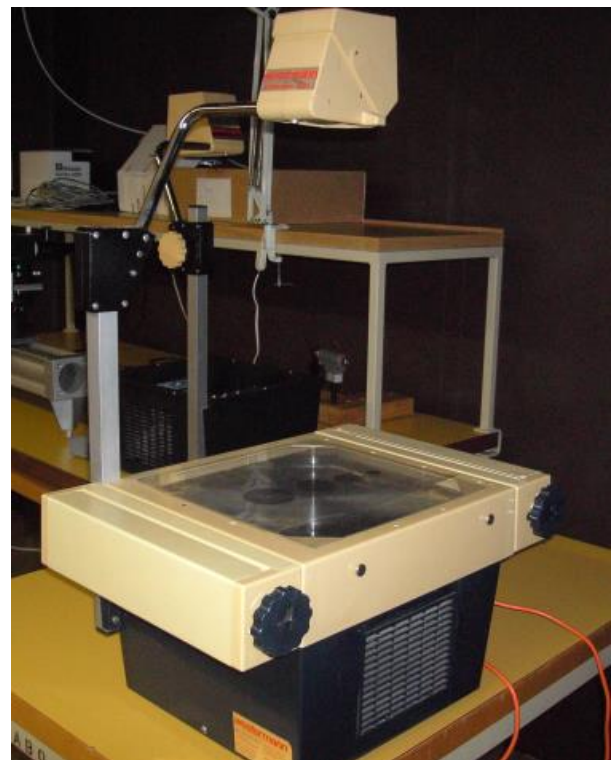
1 But de l'expérience

Le but de ce TP est de :

1. comprendre le fonctionnement optique d'un rétroprojecteur,
2. tracer son diagramme optique,
3. évaluer l'éclairement du plan du transparent

2 Matériel et instrumentation

- Rétroprojecteur fonctionnel.
- Rétroprojecteur démonté.
- Pied-à-coulisse, mètre de mesure.
- Luxmètre



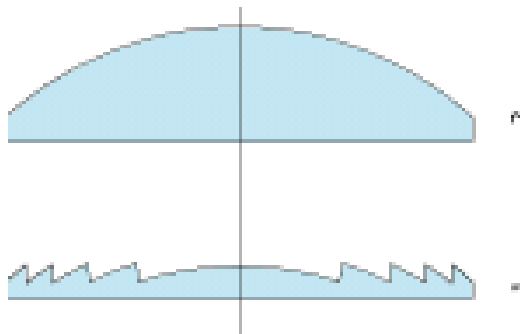
3 Procédure

1. Identifier tout le matériel mis à disposition. Ouvrir le rétroprojecteur, observer les différents composants et les lister.
2. Le rétroprojecteur est essentiellement constitué d'un système d'illumination et d'un système d'imagerie: savez-vous identifier ces deux systèmes ?
 - Examiner la lampe et l'optique qui agit sur sa lumière. Quel est le but de cette optique ?
 - A quoi sert la grande lentille de Fresnel (voir figure en bas de page) ?
3. Afin de pouvoir dessiner un schéma géométrique avec tous ces éléments, mesurer à l'aide du pied-à-coulisse et du mètre déroulant les distances dans l'axe entre ces divers éléments, en considérant également :
 - Les épaisseurs de la lentille plan-convexe et de la lentille de Fresnel,
 - La distance de cette dernière au plan du transparent.

Mesurer également les diaphragmes (diamètres) des trois éléments optiques. Pour celui de la lentille de Fresnel, estimez-le par le diamètre du cercle équivalent à la surface diaphragmée.

Les courbures des éléments optiques sont données ici :

- Rayon de courbure du miroir : **27,5 mm**
 - Rayon de courbure de la lentille plan-convexe : **111 mm**
 - Focale de la lentille de Fresnel: **125 mm**. Ses plans principaux seront ici supposés confondus au centre physique de la lentille.
4. Faire un (ou plusieurs) **croquis** du système **avec toutes les dimensions importantes**. Ce croquis sera ensuite **mis au propre dans le rapport**.
 5. Calculer la **focale** de la lentille plan-convexe interne par la formule des lentilles épaisses (annexe A ci-joint) en supposant un indice de réfraction de 1,5 .
 6. Calculer aussi la **position des plans principaux de cette lentille épaisse**.
 7. Dessinez les schémas optiques de principe respectivement du **système d'illumination** et du **système d'imagerie** du rétroprojecteur.



Une lentille de Fresnel est une lentille plan-convexe découpée de sections annulaires concentriques optimisées pour alléger l'élément

7. On va maintenant évaluer **les paramètres photométriques** du système d'illumination jusqu'au **plan du transparent**.

Mesurons d'abord avec le **luxmètre** l'éclairement du plan du transparent dans un certain nombre de points, afin d'établir la répartition spatiale effective, que vous pourrez ensuite comparer avec le calcul.

8. Cela fait, rangez svp tout les composants utilisés et **remettez la manip dans l'état avant son début**.

9. La suite du TP consiste en un calcul des distributions de l'éclairement (en **lux**) à différents niveaux du chemin lumineux: sur la lentille plan-convexe, sur la lentille de Fresnel, en enfin sur le plan du transparent.

La lampe a les caractéristiques suivantes de:

Tension : 24 Volts
Puissance : 250 watts
Culot : G6.35
Dimension : Ø13.5mm*55mm
Axe Filament : 33mm du bas du culot
Temp. couleur : 3.400° KELVIN



Le flux lumineux nominale de la lampe est donné à 10'000 lumen, mais il se trouve que sa distribution n'est pas isotrope: elle est fortement augmentée dans les directions verticales (vers le haut et le bas) et réduite à un moins d'un tiers latéralement.

Pour les calculs, on prendra alors **comme référence** l'intensité moyenne des deux cônes de lumière vers le haut et le bas qui sont effectivement utilisés: **1250 candelas**.

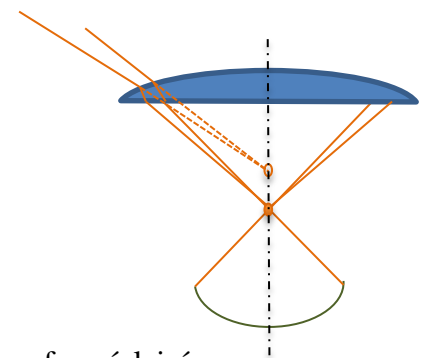
Pour ce calcul il faut avoir **préalablement déterminé** toute la géométrie précise et les paramètres des éléments optiques (points 1. à 7. plus haut).

Les **principales étapes** à suivre sont les suivantes :

- a) En première approximation supposons la source (lampe) ponctuelle. Supposez aussi qu'elle se trouve exactement au centre de courbure du miroir sphérique.
- b) Calculez d'abord la distribution **radiale** de l'éclairement sur la lentille plan-convexe résultant des deux flux (direct et réfléchi). Notez pour cela que le cône du flux réfléchi est un peu plus petit que celui du flux direct. Vous utiliserez la relation de Bouvier :

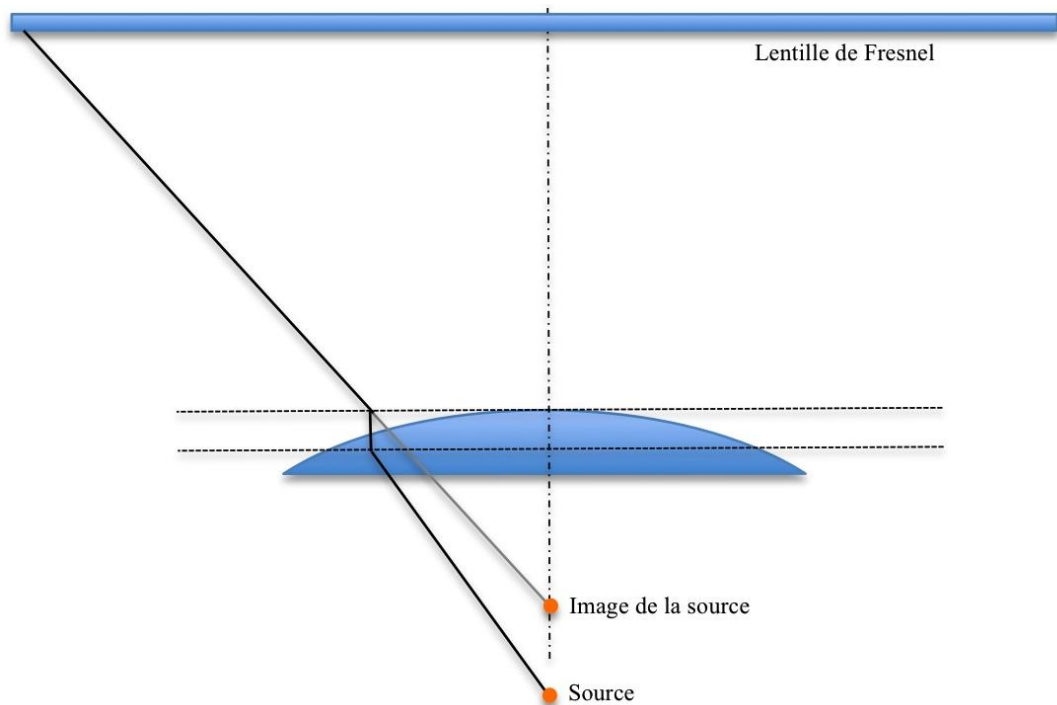
$$E = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{r^2}$$

où α est l'angle sous-tendu en un point donné de la lentille, et r est la distance perpendiculaire de la source à la surface éclairée.



- c) Considérez un cône de lumière quelconque partant de la source (par exemple celui diaphragmé par le miroir sphérique). L'angle des rayons incident sur la lentille est connu. Quel est par contre l'angle des rayons correspondants qui émergent ensuite de cette lentille ?

Pour cela vous devrez calculer la position théorique de l'image de la source par la lentille en tenant compte des plans principaux de la lentille épaisse (figure à la page suivante).

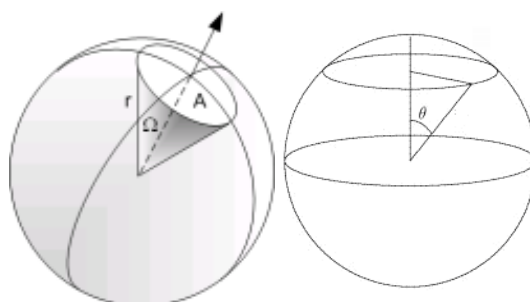


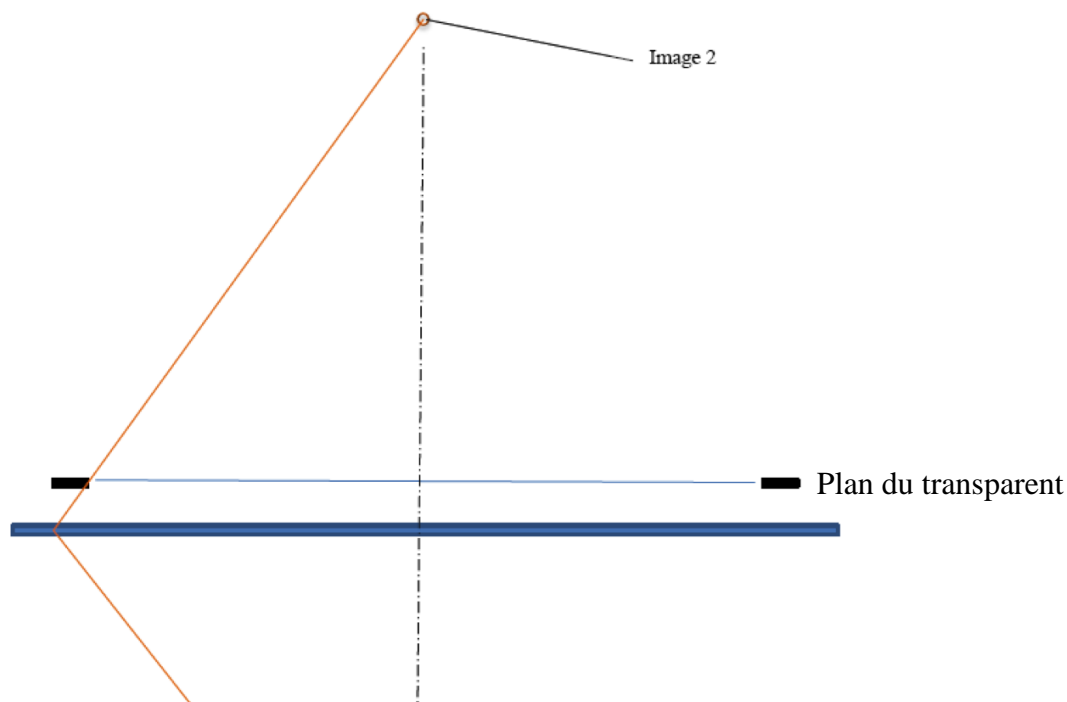
Vous pouvez ainsi dessiner le trajet optique théorique des rayons sortants du plan principal de sortie (supérieur) pour un cône de lumière quelconque.

- d) Une fois déterminé ces angles on peut calculer le **rapport des intensités** (*candelas*) de ces deux cônes lumineux. Pour cela on utilisera évidemment le principe de la conservation de l'énergie : le rapport entre les intensités des flux entrant et sortant sera inversement proportionnel à celui des angles solides¹ formé par les deux cônes.
- e) On peut maintenant calculer la **distribution radiale de l'éclairement** sur la lentille de Fresnel par la relation de Bouguer avec la nouvelle intensité I produite par l'image de la source, r étant maintenant la distance entre celle-ci et la lentille de Fresnel.
- f) Le plan du transparent étant assez proche de la lentille de Fresnel, les valeurs de l'éclairement y seront assez semblables. Toutefois on peut aussi les calculer avec plus de précision en considérant aussi la déviation du faisceau due à la lentille de Fresnel (figure à la page suivante). La méthode est la même que précédemment : on calcule la position de l'image de la source produite à son tour par la lentille de Fresnel, ce qui permet de trouver le rapport entre les angles solides et donc, inversement celui des intensités lumineuses. La distribution de l'éclairement est ensuite calculée par la relation de Bouguer avec la source image.

¹ Pour rappel: l'angle solide Ω d'un cône de révolution d'angle θ est égal à

$$\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \theta)$$





4 Rapport

Le rapport doit inclure :

- Toutes les mesures, vérifications, analyses effectuées pour répondre aux questions posées.
- Tous les calculs y référant.
- Vos conclusions et suggestions.

2. Distribution du travail

Ce TP sera généralement réalisé en équipe de 2 ou 3 personnes.

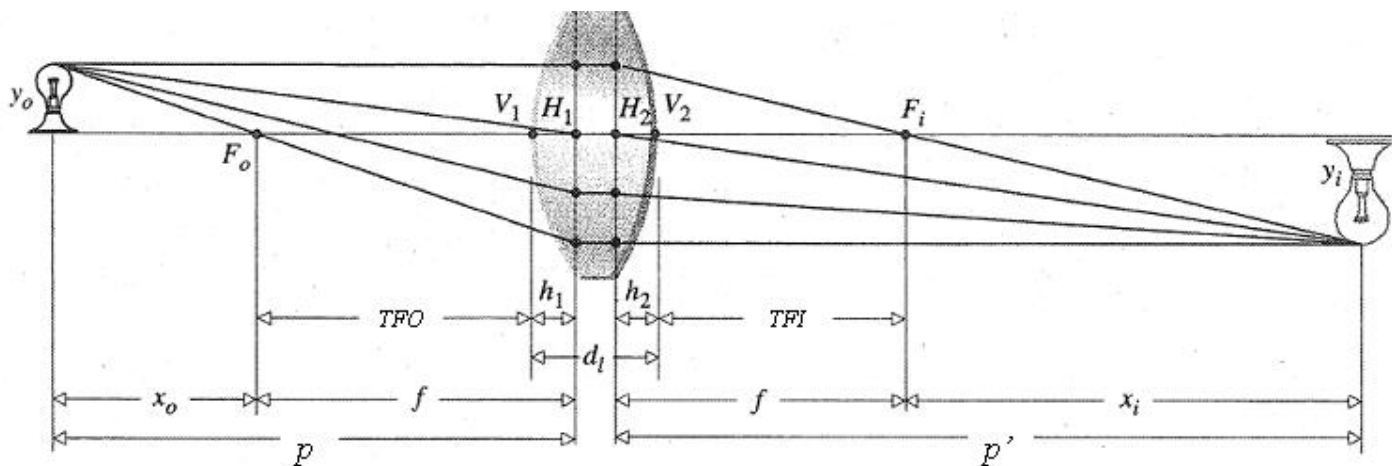
Chaque groupe est évidemment libre de s'organiser ; si le groupe est constitué de 3 personnes on suggère que :

- au moins une personne se dédie déjà durant la manip aux calculs théoriques de support et compréhension des résultats trouvés ;
- au moins une personne vérifie que toute la procédure est entièrement et bien suivie et prene des notes et des croquis exhaustifs durant la manip ;
- au moins une personne soigne particulièrement le montage et les mesures, prene des photos, etc..

Ce TP demandera un certain travail d'analyse et calcul (en particulier au le point 9.) après le labo. Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas important que **tous les membres de l'équipe maîtrisent tous les aspects**, à la fois pratiques et théoriques, de ce TP. **On rappelle que les tests de contrôle continu et l'examen final d'optique pourront inclure des questions en rapport avec les TP effectués.**

Annexe A – Rappel sur les lentilles épaisses



La focale d'une lentille épaisse est donnée par

$$\frac{1}{f} = (n_l - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_l - 1)d_l}{n_l R_1 R_2} \right]$$

Les foyers se trouvent d'une part et l'autre la distance focale des plans principaux.

Les plans principaux se situent à des distances $V_1H_1 = h_1$ et $V_2H_2 = h_2$, qui sont **positives** lorsque les plans sont **à droite de leur sommet respectif**.

Les valeurs de h_1 et h_2 sont

$$h_1 = - \frac{f(n_l - 1)d_l}{R_2 n_l}$$

$$h_2 = - \frac{f(n_l - 1)d_l}{R_1 n_l}$$