

TRAVAIL PRATIQUE No. 3B:

Etude d'un rétroprojecteur – deuxième partie

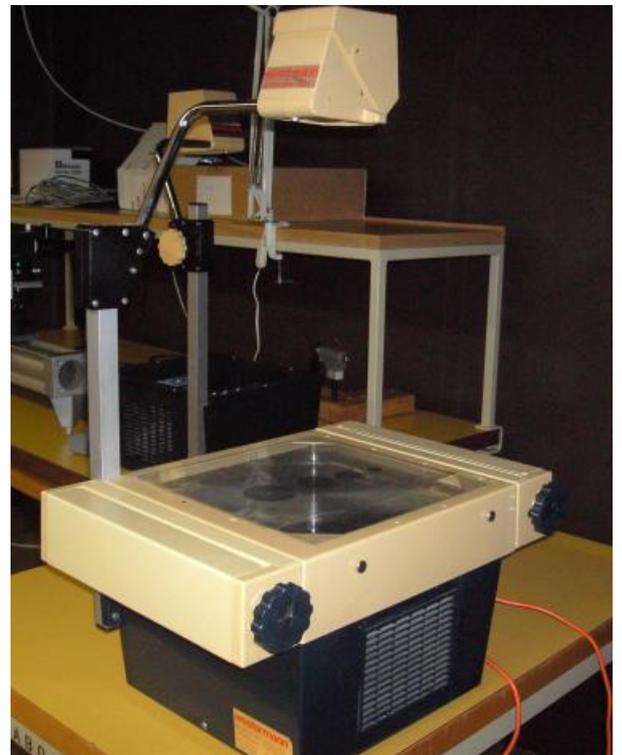
1 But de l'expérience

Le but de ce TP est de :

1. comprendre le fonctionnement optique d'un rétroprojecteur,
2. estimer et calculer tous les paramètres optiques,
3. tracer le diagramme optique du système d'imagerie,
4. évaluer l'éclairement de l'écran
5. produire une courbe démontrant la relation entre hauteur de la lentille de projection sur le plan de l'objet, distance de l'écran et grandissement de l'image.

2 Matériel et instrumentation

- Rétroprojecteur fonctionnel.
- Rétroprojecteur démonté.
- Sphéromètre, pied-à-coulisse, règles de mesure.
- Rail pour montage optique, règles de mesure, écran, objet à imager (lampe et diapositive avec un motif sur son support), miroir, etc..
- Luxmètre.



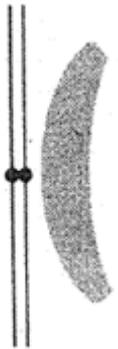
3 Procédure

1. Identifier tout le matériel mis à disposition. Le rétroprojecteur est essentiellement constitué d'un système d'illumination et d'un système d'imagerie.

Le système d'imagerie

2. Manifestement le rétroprojecteur produit une image réelle sur l'écran.
Où est l'objet ? Quel système optique produit cette image ?
3. Mesurer les lentilles de l'objectif avec le sphéromètre et toute sa géométrie avec règles et pied-à-coulisse. La **procédure d'utilisation du sphéromètre** se trouve dans l'**annexe A**. Vérifier aussi d'éventuelles différences entre les deux lentilles.
4. Calculer la focale de l'objectif en supposant $n = 1,5$. Est-il utile de considérer les lentilles comme épaisses ou peut-on les assumer minces ? (voir annexe C pour un rappel théorique).
5. Le cas échéant calculer la position des points principaux de la lentille (toujours en supposant $n = 1,5$). Pour une lentille à forme de ménisque convergent on doit s'attendre à que les plans principaux soient externes et du même côté à la lentille (figure ci-contre).
6. Mesurer ensuite la focale de la lentille par la **méthode d'autocollimation** (voir photos ci-contre et annexe B).

- Utiliser comme objet la diapositive posée sur la plaque de support. Orienter le miroir pour que l'image se forme sur le côté en carton blanc du même support.
- Effectuer la mesure avec la lentille dans un sens, puis dans l'autre. Quelle est la signification de la différence observée ? Comment évaluer la vraie focale ? (l'interprétation du résultat et le calcul de la focale demande la prise en considération des plans principaux ...).



7. Comparez la valeur de la focale ainsi trouvée avec celle estimée précédemment au point 3, ce qui permettra d'évaluer l'**indice de réfraction** du matériau de la lentille (à la précision des mesures, évidemment ...). Vérifiez que la valeur trouvée de l'indice n'infirmes pas trop le calcul précédent de la position des points principaux, sinon il faut soit refaire une itération, soit utiliser une méthode de calcul plus compliquée (deux inconnues f et n , deux équations ...).
8. On aimerait aussi faire la mesure de la focale de la lentille par la méthode de Bessel (1er TP), mais on y renonce parce que ce n'est pas très aisé avec les moyens à disposition: **pourquoi** ?
9. Calculer la focale et les plans principaux de l'objectif, constitué par les deux lentilles.
10. Dessiner le schéma optique du système de projection.
11. Calculer et tracer en fonction de la hauteur de l'objectif, **la distance de l'écran** pour une image nette et **le grandissement** de cette image.
12. En continuation de la première partie de ce TP, on veut maintenant poursuivre les calculs photométriques jusqu'à l'évaluation du flux lumineux effectivement projeté et de l'éclairement de l'écran. Pour cela, afin de ne pas reprendre tous les calculs de la première partie on considérera les conditions et paramètres suivants :
 - a. Focale de la lentille de Fresnel: **125 mm**. Ses plans principaux seront ici supposés confondus au centre de la lentille.
 - b. On considérera que la lentille de Fresnel est illuminée du bas par une source ponctuelle se trouvant à une distance de **175 mm** de son bord inférieur, et qui a une intensité de **2500 cd**.
13. Calculer l'angle de convergence du faisceau lumineux après la lentille de Fresnel.
14. En tenant compte de cette convergence, de l'épaisseur et du diaphragme de la lame constituant le plan du transparent, calculer le flux et l'éclairement sur ce plan.
15. Evaluer ensuite le flux lumineux qui traverse l'objectif, exprimé en fonction de sa hauteur sur le plan du transparent.
16. Choisir et noter une **configuration typique** de hauteur de l'objectif, produisant une image nette à l'écran. Dessiner un schéma optique de ce cas précis avec un tracé des rayons marginaux (qui seront probablement déterminés par les diamètres des lentilles de l'objectifs) depuis la source (point 12a plus haut) jusqu'à l'écran, en passant par la lentille e Fresnel, le plan objet, l'objectif.
17. En tenant compte du flux traversant l'objectif dans ce cas précis, calculer l'éclairement maximum (au centre) et moyen de **l'écran**. On évaluera aussi la distribution spatiale de cet éclairement.
18. Finalement **mesurer** l'éclairement de l'écran avec le **luxmètre** dans un certain nombre de points: afin d'établir la répartition spatiale effective, que vous pourrez comparer avec votre calcul.
19. A la fin, rangez svp tout les composants utilisés et **remettez la manip dans l'état avant son début**.

4 Rapport

Le rapport doit inclure :

- Une description sommaire de toutes les configurations testées: objets, lentilles, distances, etc. (avec des schémas, photos à l'appui bienvenues).
- Les réponses motivées (avec schémas et calculs le cas échéant) **à toutes les questions posées**, photos à l'appui bienvenues.
- Vos conclusions et suggestions.

5 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 travail d'analyse et calcul 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 l'examen final d'optique inclura des questions en rapport avec les TP effectués.

Annexe A

Mesure du rayon de courbure avec un sphéromètre

But de l'expérience

Il s'agit de mesurer les rayons de courbure de lentilles sphériques (ou quasi-sphériques). Si on connaît ensuite le type de verre, donc l'indice de réfraction, on peut calculer la distance focale.

Matériel et instrumentation

- Sphéromètre Edmund no.53859 avec comparateur Mitutoyo GSY784
- Surfaces planes de référence
- Lentilles et miroirs à analyser
- Pied à coulisse, palmer



But de l'expérience

Ce sphéromètre est constitué d'un comparateur avec une résolution de traits de 0.01 mm, associé à plusieurs bases de diamètres différents pour mesurer de manière optimale des lentilles de taille et courbure différente.

Chaque base est définie respectivement par ses diamètres intérieur et extérieur.

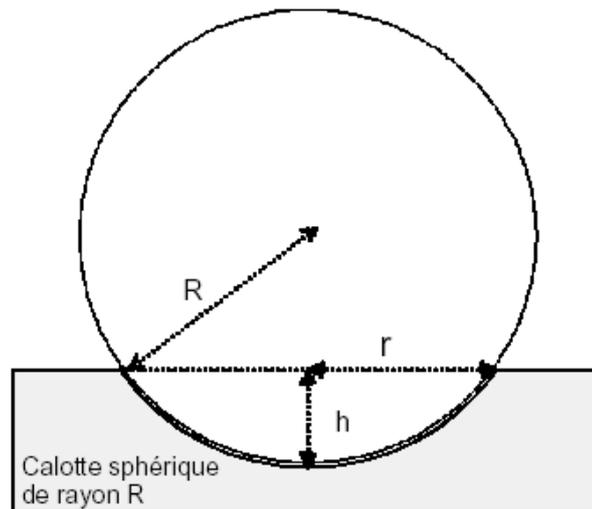
Base No.	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)
1	4	8
2	8	12
3	12	16
4	16	20
5	20	24
6	24	28

Dans le cas d'une lentille convexe le diamètre d'appui sera le **diamètre intérieur**.

Dans le cas d'une lentille concave le diamètre d'appui sera le **diamètre extérieur**.

Relation entre - r rayon de la base d'appui du sphéromètre
- h déplacement vertical de la pointe
- IRI rayon de la surface sphérique

$$IRI = \frac{r^2 + h^2}{2h}$$



Pour plus de détail, voir le manuel de sphéromètre (an anglais)

Préparation

Vérifier la propreté et le cas échéant nettoyer avec soin les surfaces à contrôler et s'assurer que le comparateur fonctionne normalement.

Mesurage

1. Placer le sphéromètre sur le **plat de référence** fourni et faire le zéro.
2. Placer le sphéromètre sur la lentille et mesurer le déplacement de la pointe.

Rapport de mesure

Le rapport de mesure inclura :

- La démonstration de la formule du sphéromètre.
- Les configurations de mesure, les résultats bruts et les calculs des rayons de courbure.

Annexe B - Focométrie

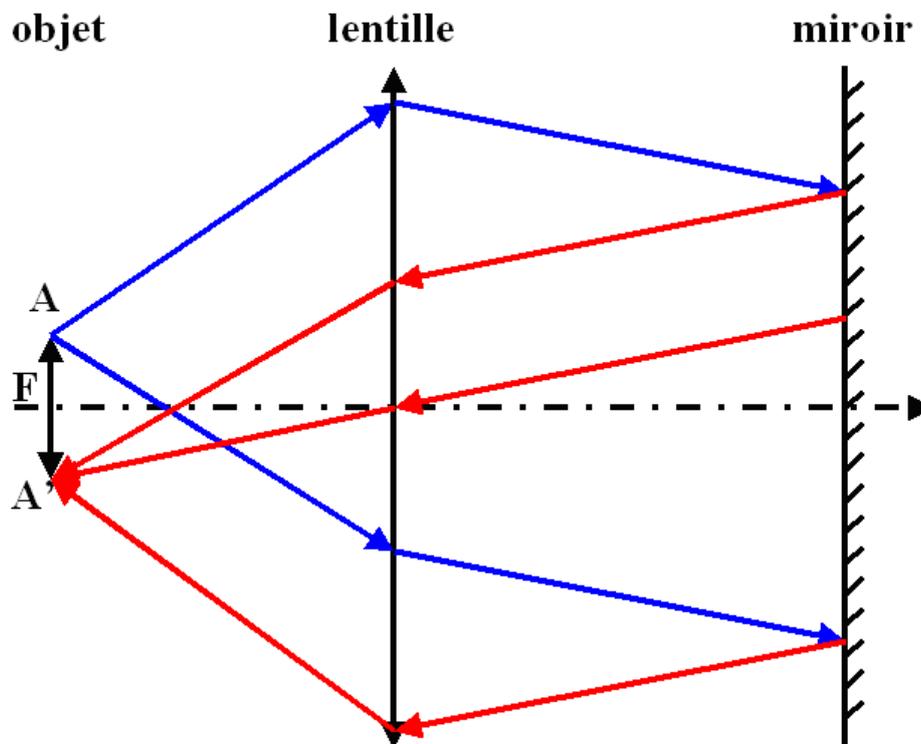
Méthode d'autocollimation

L'**autocollimation** est une méthode permettant de déterminer la position du foyer d'un système optique. Elle nécessite, en plus du système optique à mesurer, l'utilisation d'un miroir plan et d'un objet plan lumineux.

Dans le cas d'une lentille convexe, celle-ci est placée entre le miroir et l'objet plan lumineux. On obtient donc, par réflexion, une image de l'objet qui se trouvera à côté de celui-ci, selon comment on oriente le miroir.

On déplace alors la lentille jusqu'à ce que le plan de l'**image nette** coïncide avec le plan de l'objet et a la **même taille**.

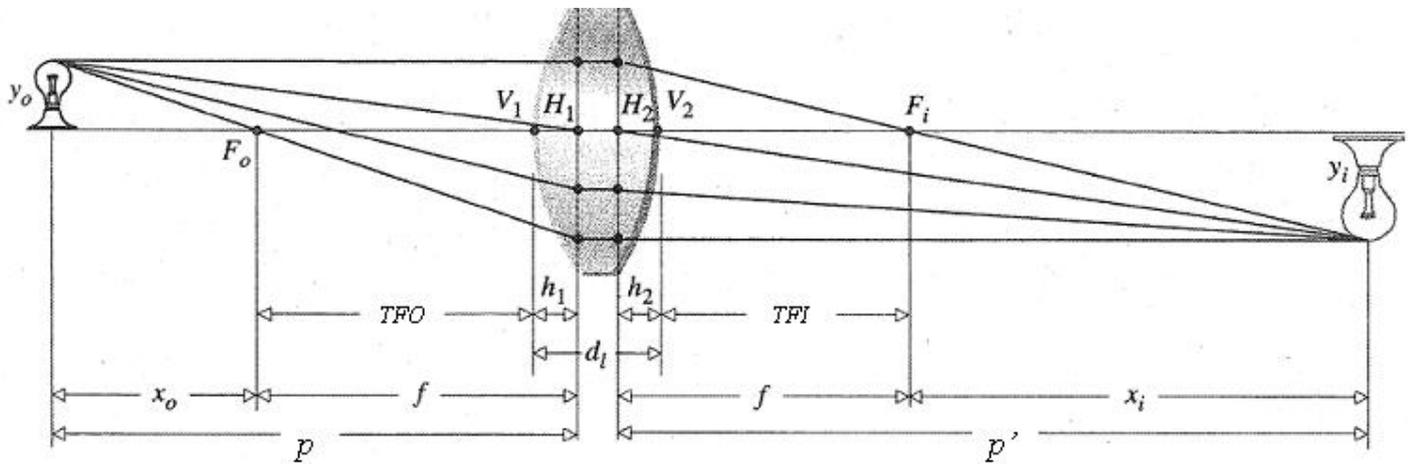
La distance entre la lentille et l'objet est alors la distance focale de la lentille.



La méthode est aussi illustrée dans la vidéo :

<http://fr.video.yahoo.com/watch/616785/2931039>

Annexe C– 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

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

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