

Faire le point en optique

L'objectif de ce TP-Cours est de se familiariser avec les montages d'optique géométrique : régler une source lumineuse, utiliser une lentille convergente, une lunette de visée, un viseur à frontale fixe. Pour cela vous serez amené(e) à mesurer la distance focale d'une lentille convergente.

Les relations notées (*) sont celles qu'il faut savoir retrouver et les heures mentionnées sont données à titre purement indicatif de façon à permettre l'évaluation de l'importance relative des différentes parties.

.....
Matériel utilisé :

<ul style="list-style-type: none"> > lampe blanche > diapositive couleur > écran diffusant 	<ul style="list-style-type: none"> > écran pour projection > écran troué > lentille CV $f' = 20$ cm 	<ul style="list-style-type: none"> > lunette de visée > collimateur > viseur à frontale fixe
--	--	--

.....

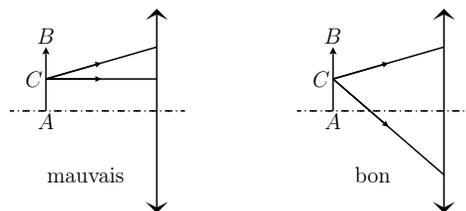
I) Le montage de base

1°) Réaliser un bon objet ☹️

i. ce qu'il faut

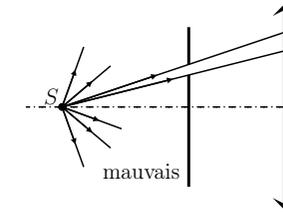
Avant toute chose, il faut réaliser un dispositif lumineux qui sera l'objet dont nous ferons l'image à travers un ou des systèmes optiques. Dans ces conditions, il faut que de chacun des points objets émerge un faisceau lumineux suffisamment large par rapport au système optique.

Dans les schémas ci-dessous, les deux rayons lumineux issus du point C sont les rayons particuliers extrêmes limitant le faisceau lumineux.



ii. ce que l'on a

Les objets dont nous ferons les images sont soit la lettre P entaillée dans un disque en métal, soit une diapositive couleur. Dans les deux cas le problème est le même : l'objet n'est pas diffusant mais transparent, ce qui fait qu'il ne dévie pas la lumière¹ mais la filtre. Ainsi lorsque ces objets sont éclairés par une source lumineuse ponctuelle S , cela donne la situation ci-dessous (seuls les rayons issus de la source passant par le point C de l'objet sont entièrement tracés).



→ Allumez la lampe située au bout du banc d'optique (il suffit de la brancher et de vérifier que l'interrupteur de la prise est fermé) et installez l'objet de votre choix :

- la lettre P s'installe sur la lampe elle-même dans une fente spécialement étudiée pour ;
- les diapositives se fixent sur un porte diapositive qui lui-même s'installe sur un pied.

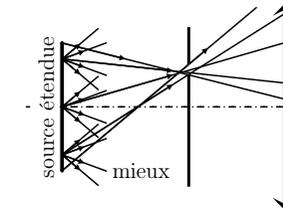
Un bon objet est tel que quelle que soit la direction d'observation (*ie.* même de travers), il apparaît toujours aussi lumineux.

→ Vérifiez, notamment pour la diapositive, que c'est loin d'être le cas : il n'est ainsi pas difficile de trouver des positions où une partie de la diapositive est sensiblement plus éclairée qu'une autre, il s'agit des endroits où nous pouvons regarder la source directement à travers la diapositive.

Tout se passe donc comme si la diapositive (ou la lettre P) n'émettait de la lumière que dans une seule direction : celle dans laquelle nous pouvons la voir éclairée. C'est tout le contraire des objets qui nous entourent : ils ne s'assombrissent pas lorsque nous les regardons « de travers ».

iii. premier remède

Afin d'augmenter la largeur des faisceaux issus des points objets, nous pouvons, dans un premier temps, « élargir » la source lumineuse.



☛ Remarque : toute source naturelle est naturellement large (lampe, laser, ...); c'est fabriquer une source ponctuelle qui requiert un montage particulier.

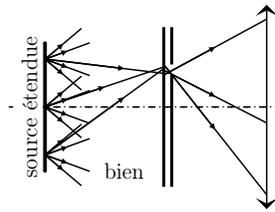
→ Modifiez (en tirant la tige située derrière la lampe) la largeur apparente de la source lumineuse.

Nous parlons de largeur apparente parce que l'objet n'est pas directement éclairé par le filament de la lampe mais par son image à travers une lentille convergente. En modifiant la position de la lampe par rapport à la lentille, nous modifions la position et donc la taille de l'image : la source « virtuelle » s'élargit.

iv. le deuxième remède

En plus d'élargir la source, nous allons placer un écran diffusant juste avant l'objet. Un tel écran va jouer le rôle de source secondaire large pour l'objet en absorbant la lumière qui lui parvient puis en la diffusant dans toutes les directions. Ainsi chaque point de l'objet diffusant agit comme une source ponctuelle isotrope (*ie.* qui émet de la lumière de la même manière dans toutes les directions.)

¹Enfin, si, mais très peu.



→ Placez un écran diffusant (verre dépoli ou papier calque) entre la source lumineuse et l'objet, le plus près possible de l'objet :

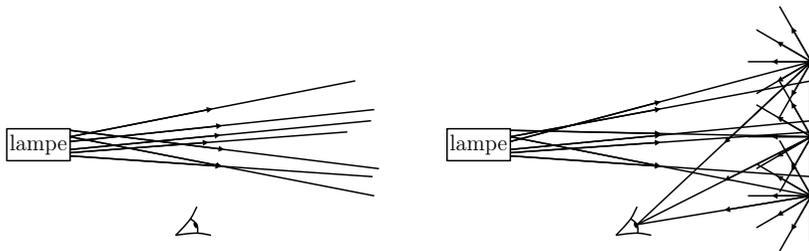
- pour la lettre P, utiliser l'autre fente spécialement étudiée pour située sur la source ;
- pour la diapositive, utiliser une diapositive calque accolée à la diapositive objet.

☛ *Remarque* : l'autre avantage à ce deuxième remède est d'atténuer l'intensité lumineuse de l'objet. En effet, lors des mesures qui suivront, vous serez amené(e) à observer l'objet à travers un dispositif adapté (une lunette de visée ou un VFF) ; une très grande partie de la lumière issue de l'objet sera alors collectée dans l'œil. Afin d'éviter tout éblouissement dommageable à l'œil, il sera alors **impératif** d'avoir installé un tel écran diffusant.

2°) Faire une image sur un écran ☹

i. avec un écran ...

Un écran est (aussi) un objet diffusant : chacun de ses points émet dans toutes les directions la lumière qu'il reçoit (cf. schémas ci-dessous).



- Enlevez l'objet (avec son écran diffusant) de devant la lampe : la lumière qui en est issue passe devant vous.
- Pour « voir » la lumière issue de la lampe, placez un écran sur la marche du faisceau lumineux : quelle que soit alors la direction d'observation, vous verrez une portion de l'écran renvoyant la lumière de la lampe, l'écran paraît « éclairé ».

ii. ... un objet ...

- Retirez d'abord l'objet et positionnez l'écran à environ 80 cm de la lampe. Dans tout ce qui suit, répondez (dans votre tête) **avant** de faire l'expérience : c'est plus drôle et plus instructif.

¿? *Qu'allez-vous voir sur l'écran si vous remplacez l'objet et son écran diffusant juste devant la lampe ?*



¿? *Allez-vous voir la même chose si vous rapprochez l'écran à environ 1 cm de l'objet ?*



¿? *L'écran toujours à 1 cm de l'objet, qu'allez-vous voir sur l'écran si vous enlevez l'écran diffusant qui faisait de l'objet un bon objet ? Et si vous rééloignez l'écran ?*



iii. ... une lentille convergente ...

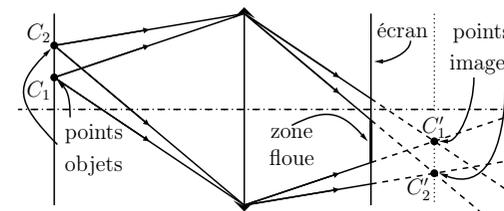
Vous allez utiliser une lentille convergente pour obtenir l'image de l'objet sur l'écran. Dans ces conditions, objet et image sont tous les deux réels pour le système optique :

- l'objet parce qu'il est en avant du système ;
- l'image parce qu'elle est après le système (si l'on place l'écran entre l'objet et la lentille, le montage fonctionne beaucoup moins bien, les sceptiques n'auront qu'à essayer).

La distance focale image f' est indiquée sur la tranche de la lentille. L'unité est le mm ou le δ .

- Positionnez l'objet et l'écran avec une distance **minimale** de $4f'$ (soit, pour une distance focale image de 20 cm il faut séparer objet et écran par au moins 80 cm) en respectant ici une distance d'environ $6f'$ (1,2 m).
- Placez la lentille sur son support (n'oubliez pas de la fixer avec un arceau en métal) entre l'objet et l'écran, tout près de l'objet.
- Réglez la hauteur du pied de la lentille de telle sorte qu'elle soit à la même hauteur que l'objet.
- Réglez la position de la lentille pour voir nette l'image de l'objet sur l'écran. Il existe deux positions – une seule si la distance écran / objet vaut exactement $4f'$ – qui permettent d'avoir une image nette : celle qui est la plus proche de l'objet est celle qui fournit la plus grande image. Après avoir repéré les deux positions adéquates, conservez celle qui fournit la plus petite image : ce réglage va être utilisé dans le paragraphe suivant.

En fait, si l'écran n'est pas dans le plan conjugué de l'objet, *ie.* n'est pas positionné exactement sur l'image, alors cette dernière paraît floue. En effet en un point de l'écran arrivent de la lumière issue de nombreux points objets, ce qui fait qu'en un point de l'écran tout se passe comme si on voyait arriver de la lumière correspondant à l'image de plusieurs points en même temps ... c'est flou !



iv. ... et beaucoup de lumière

→ Réglez précisément les position de l'objet, de la lentille et de l'écran pour avoir une image la plus nette possible sur l'écran (rappelons que la distance écran – objet doit être d'à peu près 1,2 m).

¿? *Que va-t-il se passe si vous cachez une moitié de la lentille avec un papier ?*

Pour avoir l'image la plus lumineuse possible, il faut régler le tirage de la source pour que **toute** la lumière passe à travers la lentille et (si possible) le plus près possible de son centre (afin de maximiser le nombre de rayons paraxiaux). En général, on fait l'image du filament de la lampe sur la lentille.

L'inconvénient de ce réglage est que cela peut diminuer la partie éclairée de l'objet : il faut alors choisir un compromis entre taille de l'objet éclairé (dont on aura une image sur l'écran) et luminosité finale sur l'écran ...

3°) Voir une image ⌚*i.* où l'œil ne remplace pas l'écran ...

→ Enlevez l'écran et constatez qu'à la place, il n'y a plus rien ...

→ Et pourtant l'image est toujours là ! Placez votre œil à l'endroit où se trouvait l'écran et regardez à travers la lentille.

¿? *Que voyez-vous ? Expliquez.*

ii. ... car il s'en dispense

→ Placez votre œil à un bon mètre derrière le banc d'optique et regardez à travers la lentille. Que voyez-vous ?

¿? *À quelle distance évaluez-vous ce que vous voyez ?*

iii. il ne faut pas croire ce que l'on voit

→ Toujours placé à un bon mètre derrière le banc d'optique et tout en regardant à travers la lentille demandez à votre binôme de rapprochez doucement la lentille de l'objet jusqu'à une distance d'environ 10 cm (une demie distance focale).

¿? *La nouvelle image que vous voyez s'est-elle rapprochée ou éloignée de vous par rapport à la précédente ?*

Elle est devenue plus grande, mais plus grande n'implique pas forcément plus près ... D'ailleurs dans le cas choisi, si les consignes ont été respectées (distance objet – écran de $6f'$ avec une petite image au départ), l'image s'est **éloignée** de vous !

iv. l'œil : ange ou démon ?

→ Faites une image nette de l'objet sur l'écran en papier calque percé d'un trou en vous assurant qu'une partie de l'image se trouve « dans » le trou et vérifiez (sans regarder dans le trou) que l'image nette est visible aussi bien par devant que par derrière, grâce à l'effet diffusant du papier calque.

¿? *Qu'allez-vous observer si vous placez votre œil pour regarder l'objet à travers la lentille et le trou en même temps ?*

→ Faites une image indéniablement floue du même objet sur le même écran percé avec, toujours, une partie dans le trou et observez que maintenant vu de côté, l'image est floue sur l'écran autant par devant que par derrière.

¿? *Qu'allez-vous observer si vous regardez l'objet à travers le trou et la lentille ?*

Conclusion : l'œil est peut être un outil formidablement perfectionné pour trouver spontanément des images, en revanche sur le plan de l'évaluation des distance, la copie est à revoir. C'est pourquoi on lui préférera repérer des positions avec un VFF ou un écran.

4°) Les limites des lentilles ⌚

Sur le bureau est monté une expérience permettant de mettre en évidence les différentes aberrations dues aux lentilles : il s'agit simplement de faire l'image d'une grille par une lentille convergente « spéciale aberrations » sur un écran.

i. où l'on voit l'aberration chromatique

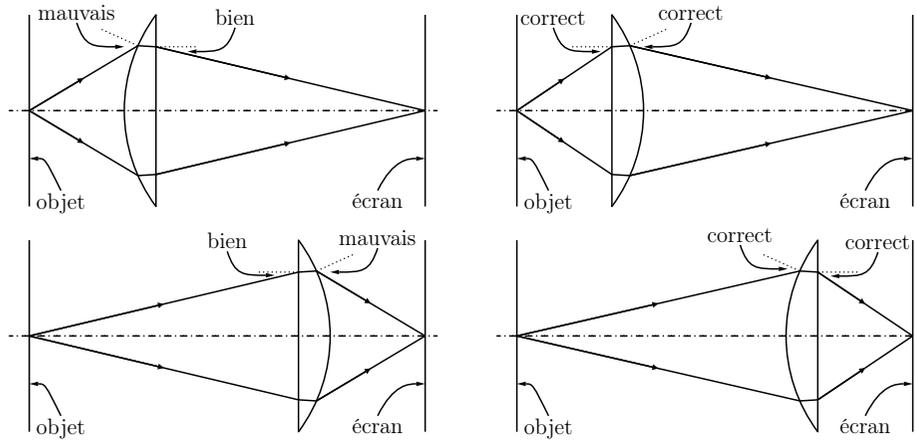
En réglant la position relative des différents éléments lentille / grille / écran (n'oubliez pas : $4f'$ c'est un minimum) il est possible d'obtenir une image nette et agrandie de la grille sur l'écran.

→ Observez de près cette image et constatez qu'entre les parties sombres et les parties claires il y a des irisations bleues et rouges : cela est dû au caractère dispersif du matériau avec lequel la lentille est fabriquée.

ii. où l'on voit les aberration géométriques

En tournant le côté sphérique de la lentille vers l'objet, vous pouvez constater que l'image s'en trouve légèrement déformée loin du centre.

Cela s'explique par le fait que certains rayons lumineux ne sont plus vraiment dans les conditions de GAUSS. Dans les schémas ci-dessous, la taille relative de la lentille est exagérée pour permettre de voir les angles d'incidences. De plus les schémas ne prétendent pas respecter le véritable trajet des rayons lumineux surtout à travers la lentille.



Pour limiter les aberrations géométriques, nous placerons toujours la face la plus plane de la lentille vers ce qui se trouve le plus près d'elle : son objet ou son image; c'est la règle des 4P : « plus plat, plus près ». Cela dit, la plupart du temps avec les lentilles dont vous disposez, une telle précaution n'est pas nécessaire.

II) Premières mesures

1°) Objectif distance focale

Dans cette partie, vous allez mesurer aussi précisément que possible la distance focale image d'une lentille convergente. Cette grandeur correspond à la distance entre la lentille et l'image qu'elle donne d'un objet à l'infini. Pour ce faire, vous allez être amené(e) à utiliser et à régler différents dispositifs; à savoir, dans l'ordre d'apparition devant l'écran :

- la lunette, qui permettra de régler le collimateur;
- le collimateur, qui fabriquera un objet à l'infini;
- le viseur à frontale fixe (VFF), qui permettra de faire les mesures.

2°) La lunette ☺

i. utilité

La lunette est un dispositif qui permet de repérer un objet à l'infini. Cela ouvre la voie à deux grands types d'utilisation :

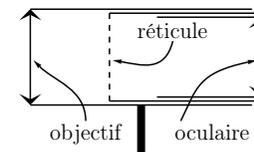
- la lunette peut « seulement » montrer si un objet est à l'infini ou pas; c'est de manière que vous l'utiliserez pour régler le collimateur;
- la lunette peut permettre de repérer la position angulaire d'un objet à l'infini, comme sur les goniomètres que vous utiliserez dans le TP-Cours opt2 Goniomètre et dans le TP opt2 Spectroscope à prisme.

ii. constitution

Une lunette est composée de trois parties mobiles les unes par rapport aux autres. C'est d'ailleurs comme cela qu'elle se reconnaît d'un collimateur qui ne possède que deux parties coulissantes.

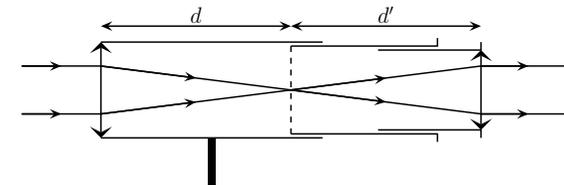
Ces trois parties sont :

- l'objectif qui est une lentille convergente;
- le réticule qui est constitué en général de deux traits fins qui se croisent à angle droit (il peut être réalisé soit avec deux fils de soie mais il est alors fragile, soit en gravant deux traits sur du verre);
- l'oculaire qui est optiquement équivalent à une lentille convergente.



En faisant coulisser les différentes parties, on peut régler indépendamment d (distance réticule / objectif) et d' (distance réticule / oculaire).

Lorsque la lunette est réglée, le réticule est dans le plan focal image de l'oculaire. De cette manière, l'image d'un objet à l'infini se fait sur le plan du réticule et est envoyée à l'infini.



iii. le réglage star : l'oculaire

Le premier réglage à effectuer concerne l'oculaire. Le but est que l'image du réticule soit rejetée à l'infini ou, plus précisément, au *Punctum Remotum* (PR) de votre œil. Il s'agit de point où l'œil est au repos, il n'accommode pas. Les personnes portant des lunettes correctrices peuvent, ou non, les enlever pourvu seulement qu'elles ne soient pas astigmatiques², sinon elles **doivent** les garder.

→ Réglez, en coulisant l'oculaire, pour observer le réticule sans accommoder.

Un tel réglage est difficilement vérifiable par quelqu'un d'autre car personne n'a véritablement le même PR, surtout pour ceux qui ont retiré leurs lunettes correctrices pour regarder à travers l'oculaire. Quelques méthodes pour observer votre PR :

- regardez le plus « près » possible³, fatiguez l'œil quelques secondes et relâchez l'effort : votre œil se cale alors à son PR;
- fermez les yeux, laissez votre œil se reposer, ouvrez les yeux (surtout celui devant l'oculaire) et n'accommodez pas;
- les 2 yeux ouverts dont un devant l'oculaire, regardez avec l'autre œil un objet au loin, les deux yeux vont alors s'accommoder au PR;
- déréglez grossièrement l'oculaire et mettez votre œil devant, c'est flou; sans chercher à accommoder, modifier le réglage de l'oculaire jusqu'à voir net;
- regardez le plus « loin » possible.

²Pour savoir si vous êtes astigmatique, enlevez vos lunettes, tenez devant vous et regardez au travers : si les images se déforment lorsque vous tournez les lunettes autour d'un axe horizontal, alors vous êtes astigmatique.

³Vous observez alors votre *punctum proximum* (PP)

De ces cinq méthodes, la dernière est préférable, mais demande un minimum d'expérience pour éviter que l'œil n'accorde spontanément sur le réticule qui n'est pas au PR.

Le réglage de l'oculaire peut être différent pour chaque utilisateur : il peut donc être modifié sans conséquence sur le protocole de mesure.

iv. un réglage pour tous : l'objectif

L'oculaire étant réglé à votre œil, vous pouvez maintenant régler l'objectif de la lunette. Pour cela, il faut absolument disposer d'un objet à l'infini.

- À travers la lunette, visiez un objet à l'infini (au moins une cinquantaine de mètre).
- En modifiant le tirage de l'objectif (sans toucher à celui de l'oculaire!), amenez l'image de l'objet visé sur le réticule. En d'autres termes, il faut que l'image de l'objet visé et le réticule soient nets tous les deux **en même temps**.

La dernière condition est assez difficile à réaliser et, surtout, à apprécier à cause du système « autofocus » de l'œil. Il est préférable de bouger un peu la tête (droite - gauche et haut - bas) tout en regardant dans la lunette. Si l'image de l'objet visé et le réticule sont bien superposés, alors ils ne bougent pas l'un par rapport à l'autre lors de cette audacieuse manœuvre.

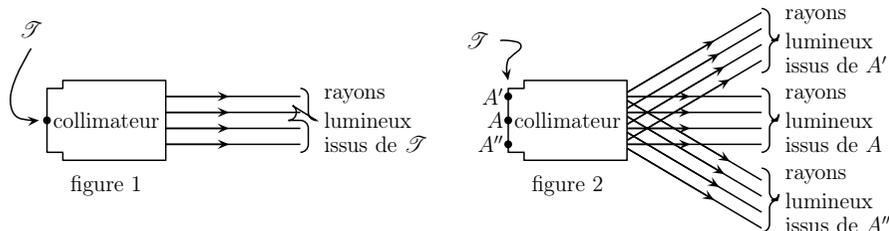
La lunette étant réglée, il ne faut plus modifier le tirage de l'objectif (sauf si vous voulez vous entraîner à la rerégler) : de la qualité de ce réglage dépend la qualité du réglage du collimateur.

3°) Le collimateur

i. sa fonction : créer l'infini à portée de main

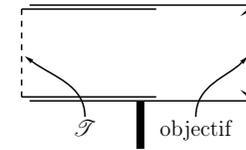
Le but du collimateur est de créer un objet **non ponctuel** qui sera optiquement à l'infini afin d'être utilisé dans un système optique. En fait cet objet n'est autre que l'image, par le collimateur, d'un objet, dit test, \mathcal{T} .

Rappelons qu'un point objet (ou un point image) à l'infini est tel que les rayons lumineux le (ou la) définissant soient parallèles entre eux. Ainsi, avec un objet test \mathcal{T} ponctuel, le collimateur sert à créer la situation représentée sur la figure 1. Mais en fait, comme l'objet test \mathcal{T} n'est pas ponctuel, la situation correspond davantage à la figure 2 (même si les angles ont été exagérés).



¿? À quoi ressemble un objet ponctuel à l'infini?

ii. constitution

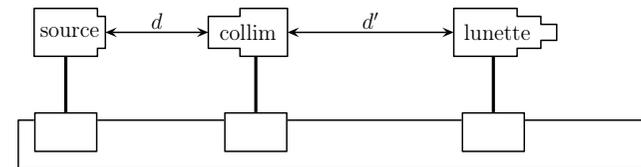


Le collimateur se compose de l'objet test \mathcal{T} (un réticule, une fente, ...) et d'un objectif qui n'est autre qu'une lentille convergente \mathcal{L}_1 . Le tirage de l'objectif est réglable.

Le collimateur est réglé, *ie.* l'image de l'objet test est à l'infini, lorsque \mathcal{T} (ici un réticule) est précisément dans le plan focal de \mathcal{L}_1 .

iii. un seul réglage

- Installez le collimateur sur un pied et éclairez son objet test par une source correctement réglée et sans oublier le papier calque (protection de la rétine).



- Les distances d et d' étant sans influence sur le réglage, prenez-les aussi petites que possible.

¿? Pourquoi d et d' sont elles sans influence sur le réglage ?

¿? Pourquoi vaut-il mieux avoir d et d' aussi petites que possible ?

- Installez la lunette (réglée) sur un pied et observez l'objet test à travers la lunette.
- Modifiez le réglage du collimateur pour voir l'objet test et le réticule de la lunette nets en même temps. Par le même mouvement de tête que précédemment, vous pouvez vous assurer de la coplanéité de l'un et de l'autre.

¿? Comment vérifier avec la lunette que le collimateur est réglé ?

Le collimateur est désormais réglé, il ne faut donc plus le modifier sous peine de devoir recommencer. D'un autre côté, maintenant que le collimateur est réglé, la lunette est devenue inutile.

- ☛ **Remarque** : pour savoir si le collimateur a de bonnes chances d'être bien réglé, vous pouvez regarder directement avec votre œil l'objet test à travers le collimateur. Pour un œil normal ou parfaitement corrigé (en d'autres termes, remettez vos lunettes), il doit être aussi facile et aussi confortable de voir nettement l'objet test que l'on soit à 1 cm de l'objectif du collimateur ou à 2 m derrière.

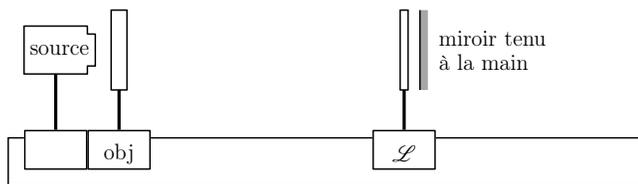
iv. le collimateur du pauvre : l'autocollimation

Le réglage précédent est très utile pour avoir un collimateur toujours réglé à portée de main, mais il nécessite un préréglage de la lunette ce qui n'est pas forcément évident. Une autre solution va consister à placer directement un objet dans le plan focal d'une lentille convergente.

Pour cela il faut placer un miroir plan derrière la lentille et faire l'image de l'objet **sur** l'objet de manière à se trouver dans la situation optique suivante :

$$A \xrightarrow{\mathcal{L}} \infty \xrightarrow{\mathcal{M}} \infty \xrightarrow{\mathcal{L}} A$$

☛ *Remarque* : la position du miroir n'est pas importante mais il est clairement plus pratique de le plaquer « contre » la lentille.



- Réalisez une autocollimation avec une lentille annexe (par exemple de distance focale image $f' = 10$ cm).
- Vérifiez avec la lunette que votre collimateur est bien réglé (ou que votre lunette l'est mal!)

4°) Tout est prêt pour la mesure 🕒

i. voyons voir

→ Le collimateur (réglé!) en place juste devant la lampe, installez la lentille le plus près possible du collimateur.

¿? *Pourquoi la distance lentille - collimateur n'a-t-elle pas optiquement pas d'importance ?*



¿? *Pourquoi placer alors la lentille le plus près possible du collimateur ?*



→ Positionnez l'écran de telle sorte que l'image de l'objet test du collimateur y soit nette.

La distance lentille écran est la distance focale recherchée ... reste à la mesurer précisément!

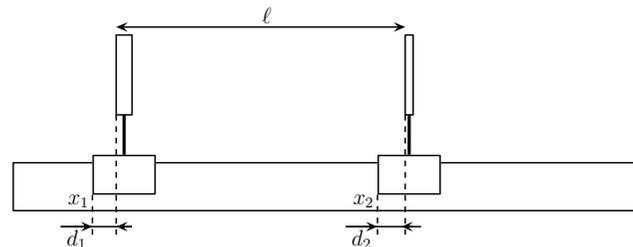
¿? *Pourquoi, bien que la distance lentille - collimateur ne soit pas optiquement importante, le fait d'éloigner la lentille du collimateur change ce qui est projeté sur l'écran ?*



ii. ne mesurez pas comme ça ...

Pour des mesures ne demandant pas une grande précision (environ 5 mm), il est possible de mesurer « directement » la distance entre deux points avec un ruban de couturière ou bien avec les graduations du banc. Malgré l'imprécision (non prise en compte de l'épaisseur des supports, ruban

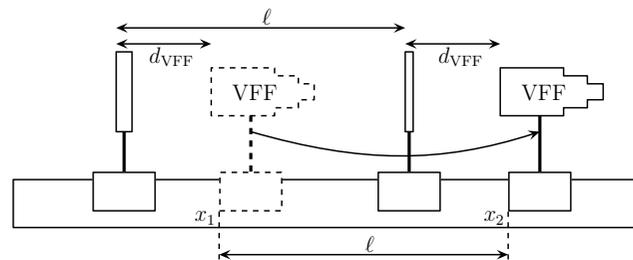
non horizontal ou non tendu), cette méthode peut suffire pour faire des premiers réglages ou des mesures rapides.



Pour des mesures plus précises, de l'ordre du millimètre, nous n'utiliserons **pas directement** les repères sur le banc d'optique car (cf. schéma ci-dessus) l ne vaut pas obligatoirement $|x_1 - x_2|$: cela dépend si $d_1 = d_2$ ou non.

iii. ... mais comme ça

Pour des mesures précises, nous utiliserons un viseur à frontale fixe (VFF). C'est un système optique qui, une fois réglé, permet de ne voir que les objets situés à une distance d_{VFF} fixée - mais inconnue - devant lui. d_{VFF} s'appelle la frontale.



Ainsi une mesure de distance se déroule de la manière suivante (cf. schéma ci-dessus) :

- visez le premier objet afin de l'observer nettement à travers le VFF puis notez x_1 ;
- déplacez le VFF ;
- visez le deuxième objet afin de l'observer nettement à travers le VFF puis notez x_2 .

La distance recherchée vaut alors $l = |x_2 - x_1|$.

5°) Le VFF 🕒

i. une bête déjà connue

En fait un viseur à frontale fixe (VFF) n'est ni plus ni moins qu'une lunette réglée autrement. L'appareil est identique, seule la façon de s'en servir change. Nous y retrouvons donc l'oculaire, le réticule et l'objectif.

ii. principe de fonctionnement

Le but d'un VFF bien réglé est de pouvoir repérer un objet à une frontale d_{VFF} précise et surtout fixée une bonne fois pour toute dans un plan de front devant l'objectif. Le nom même du VFF s'en trouve maintenant expliqué.

L'image de cet objet se forme alors au niveau du réticule dont l'image à travers l'oculaire est envoyée à l'infini, l'observation par l'œil de l'observateur étant alors confortable.

Cela se résume par le schéma : $A \xrightarrow{\text{objectif}} A' = \text{réticule} \xrightarrow{\text{oculaire}} \infty$.

iii. deux paramètres à régler

Comme pour la lunette, il va falloir régler le tirage de l'oculaire et celui de l'objectif. Le premier est identique, le deuxième diffère.

→ Réglez l'oculaire à votre vue.

Il faut maintenant régler l'objectif afin qu'il fasse une image nette sur le réticule.

→ Visez un objet situé à une distance d'environ 40 cm.

→ Faites coulisser l'objectif pour observer nets et en même temps l'objet visé et le réticule : dans ces conditions, l'image de l'objet visé est exactement dans le plan du réticule.

Ici aussi, pour être sûr du réglage, on peut utiliser le dangereux mouvement haut - bas / droite - gauche de la tête tout en regardant dans l'oculaire : si l'objet visé est dans le même plan que le réticule, alors ils ne bougent pas l'un par rapport à l'autre.

Une fois ce réglage terminé, il ne faudra plus le modifier entre chaque utilisateur, contrairement au réglage de l'oculaire.

6°) Alors mesurons

i. le montage

Le montage est déjà prêt : lampe, collimateur bien éclairé et bien réglé, lentille installée.

ii. la mesure

→ L'oculaire étant réglé à votre vue, positionnez le VFF pour voir nets et en même temps l'image de l'objet test par la lentille et le réticule du VFF (technique de la tête oscillante).

→ Notez alors l'abscisse $x_{A'}$ du pied du VFF.

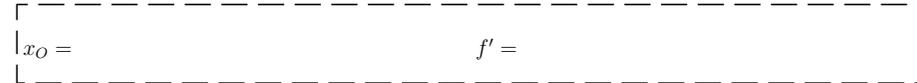


Il va maintenant falloir repérer la position de la lentille qui a le gros défaut d'être un objet transparent (donc invisible). Pour ce faire, vous allez installer un petit bout de papier déchiré plaqué contre la lentille : il sera bien plus facile à repérer.

☛ Remarque : avec un peu de « chance » la lentille sera visible grâce aux salletés en tout genre recouvrant sa surface (poussière, traces de doigts, ...). Malgré tout, la technique du petit bout de papier déchiré reste la plus respectueuse des appareils : il ne faut pas toucher les lentilles et autres miroirs avec les doigts histoire de laisser ses empreintes dessus.

→ Après avoir installé un petit bout de papier déchiré tout contre la lentille, positionnez le VFF pour voir nets en même temps le papier déchiré et le réticule du VFF.

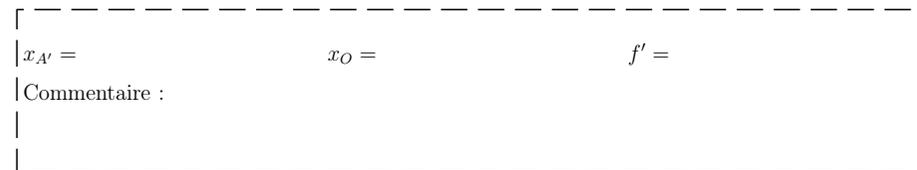
→ Notez alors l'abscisse x_O du pied du VFF, la distance recherchée vallant $f' = |x_{A'} - x_O|$.



→ Comparez la distance focale mesurée avec l'indication portée par la lentille.



→ En positionnant un écran à la place de l'image donnée par la lentille, mesurer directement la distance focale à l'aide des graduations et commentez.



7°) Autre technique de mesure d'une distance focale

i. objectif : objet à une distance non infinie

Vous allez chercher à déterminer f' à partir de la relation suivante : $f' = \frac{OA \times OA'}{OA + OA'}$ où OA est la distance lentille - objet et OA' est la distance lentille - image.



Cette relation très particulière n'est valable que dans le cas particulier étudié ci-après correspondant à la conjugaison d'un objet réel avec une image réelle. Elle n'est donc surtout pas à retenir, la « véritable » relation sera vue dans le chapitre

§ OPT 1 Voir à travers.

Il faudra donc repérer les positions de l'image $x_{A'}$, de la lentille x_O et de l'objet x_A pour avoir $OA = |x_A - x_O|$ et $OA' = |x_{A'} - x_O|$.

Ici, dans un premier temps, nous ferons les mesures directement avec les graduations du banc.

ii. le protocole rapide

→ Faites un bon objet avec une diapositive ou la lettre P.

→ Installez la lentille à une distance environ égale à 3 fois la distance focale mesurée précédemment de l'objet.

→ Réglez en hauteur objet et lentille pour pouvoir observer l'image nette sur un écran de telle sorte que l'image soit à la hauteur de l'objectif du VFF.

→ Notez les position de l'écran $x_{A'}$ de la lentille x_O et de l'objet x_A .



→ Déduisez, de tous vos repérages, la distance focale f' et comparez avec la valeur précédente.



S'il vous reste encore du temps, vous pouvez vous entraîner avec des distances lentille - objet d'environ $2f'$ ou $1,5f'$ ou faire des mesures plus précises avec le VFF dans le paragraphe suivant.

Pour $OA \simeq 2f'$:	$x_{A'} =$	$x_O =$	$x_A =$
$OA =$	$OA' =$	$f' =$	
Pour $OA \simeq 1,5f'$:	$x_{A'} =$	$x_O =$	$x_A =$
$OA =$	$OA' =$	$f' =$	

iii. le protocole précis

Pour vous entraîner, et s'il vous reste du temps, vous pouvez faire au moins une série de mesures avec le VFF.

→ Positionnez objet et lentille séparés d'environ trois distance focales.

→ Pointez l'image avec le VFF puis pointez la lentille.

$x_{A'} =$	$x_O =$
------------	---------

→ Enlevez la lentille et pointez l'objet.

$x_A =$

→ Déduisez-en les distance OA et OA' ainsi que la distance focale f' .

$OA =$	$OA' =$	$f' =$
Commentaire :		

¿? Pourquoi faut-il absolument faire les mesures dans l'ordre « image - lentille - objet » ?

→ Faites d'autres mesures (distance objet-lentille d'environ $2f'$ et d'environ $1,5f'$) s'il vous reste du temps.

Pour $OA \simeq 2f'$:	$x_{A'} =$	$x_O =$	$x_A =$
$OA =$	$OA' =$	$f' =$	
Pour $OA \simeq 1,5f'$:	$x_{A'} =$	$x_O =$	$x_A =$
$OA =$	$OA' =$	$f' =$	

Lentille convergente

