

# ALIGNEMENT ET REGLAGE DU BANC DE TRANSFERT

v.29 , mise à jour le 07/02/2009

Sur une idée de *jcgrini* , ont participé à ce topo collectif (par ordre alphabétique ; liste non exclusive) : *Gargamel29*, *Gasel*, *Georges49*, *Jojonase*, *Manu drasko*.

\* Il ne s'agit pas de reprendre la construction du boîtier-condenseur (cf « Liens »), mais de regrouper des idées et constatations empiriques, pour optimiser la disposition des éléments utilisés pour le transfert utilisant lentille et miroir.  
\* Il s'agit encore moins d'argumenter les plus expérimentés (dont les conseils seront toujours bienvenus). En revanche, sans doute les néophytes gagneront-ils du temps en trouvant ici le regroupement d'informations dispersées et d'expériences vécues, qu'il nous a semblé utile de partager.

=====

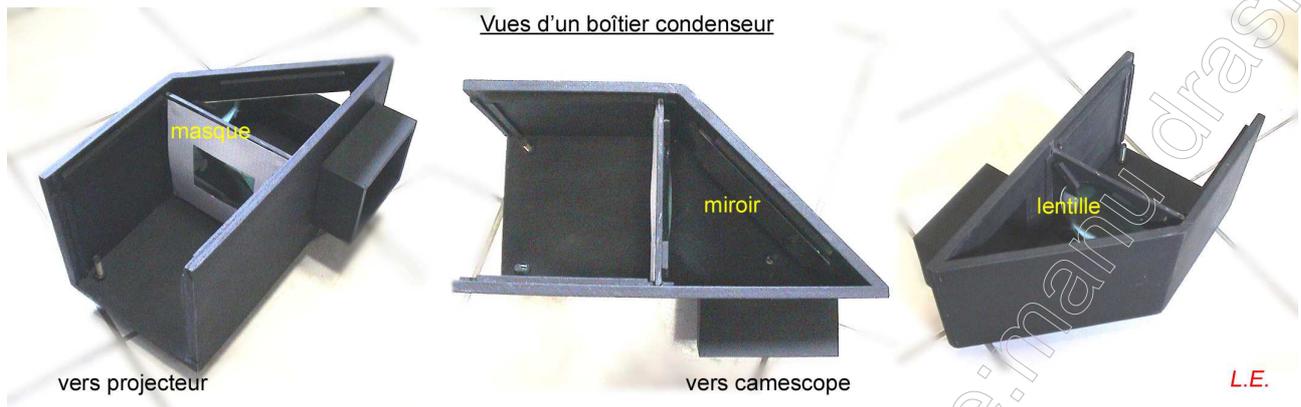
Une fois préparés le projecteur (éclairage, vitesse à 16,67 i/s) et le condenseur, une phase délicate à mettre en œuvre, mais capitale, consiste à disposer les éléments du système de façon à obtenir les meilleurs résultats optiques possibles. Pour éviter des aberrations rédhibitoires, il faut à la fois **parfaitement aligner** les composants, et **réglér idéalement leurs distances respectives**.

- A) **Banc de transfert**
- B) **Horizontalité et hauteur du faisceau**
- C) **Centrage du faisceau** [options : laser et réticules]
- D) **Assiette du caméscope**
- E) **Distances entre éléments** [optimisation du plan d'une image intermédiaire]
- F) **Contrôle**
- G) **Mise en pratique des réglages de distances**
- H) **Liens**
- I) **Annexe I : Le transfert optique – Notions de base** [Jojonase]
- J) **Annexe II : Transfert à 2 lentilles** [Jojonase]
- K) **Annexe III : Tachymétrie par caméscope** [Jojonase]

## Installation avec boîtier lentille + miroir



L.E.



Vue générale d'un autre condenseur, réticules en place



A.M.

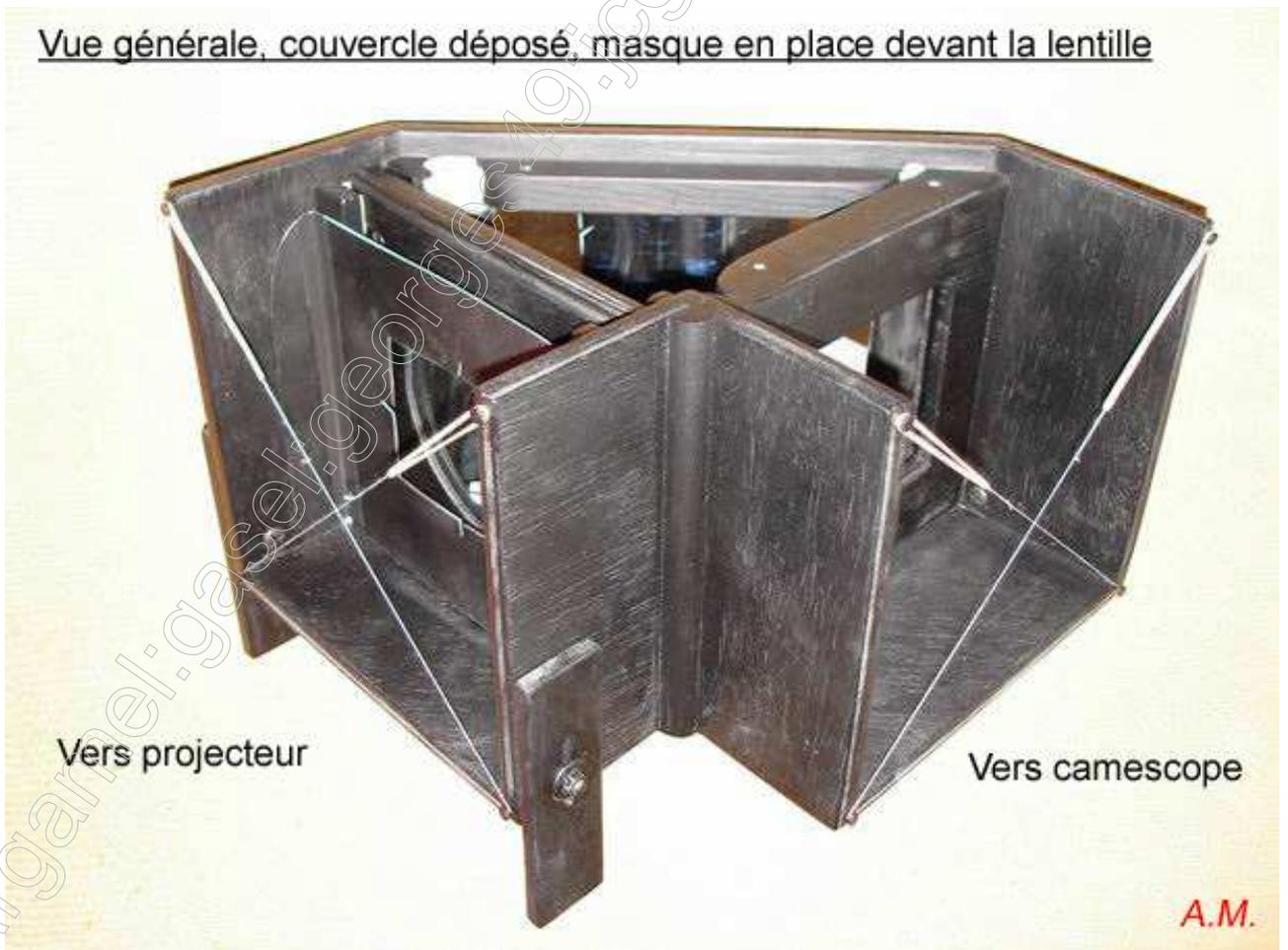


Entrée (côté lentille <- projecteur)

A.M.



Vue générale, couvercle déposé, masque en place devant la lentille





Vue générale du dessus, couvercle déposé, masque en place devant la lentille



### **A) BANC DE TRANSFERT**

Il est indispensable d'installer le projecteur et le condenseur de façon très stable, sur un plan parfaitement horizontal. L'idéal est d'avoir, soit une table dédiée au transfert, où les éléments pourront rester à demeure ; soit une planche très rigide que l'on pourra ranger entre les séances, mais dans ce cas les emplacements des éléments devront y être repérés avec précision.

Mieux vaut prévoir une fixation démontable pour le projecteur. En effet, installation et désinstallation des films, lancement et arrêt de la projection sont autant de manipulations risquant de le déplacer.

Dans le cas d'un boîtier-condenseur, il suffit dans un premier temps de marquer précisément l'emplacement de chacun de ses pieds ; par la suite, on pourra fixer sur le banc un système de blocage, à l'aide par exemple de petites cales de bois empêchant tout glissement.- Si lentille et miroir sont indépendants, il devront être bien fixés sur la planche.

Grosso modo, 100cm x 40cm fourniront un plan de travail suffisant avec une lentille de 3 ou 5 dioptries dans un système avec miroir.

L'horizontalité de ce plan est essentielle, à contrôler avec un niveau à bulle sur la longueur et la largeur.

La hauteur du boîtier-condenseur est à ajuster avec précision :

- certains utilisent des « pieds micrométriques », formés par des boulons de longueur convenable, plus ou moins vissés dans des écrous solidaires du socle du boîtier, avec blocage par contre-écrous ;
- d'autres montent des pieds coulissants, bloqués par boulon + rondelles aux parois du boîtier ; dans ce cas, il est plus commode, surtout si on ne monte que 3 pieds, de travailler d'abord avec des cales provisoires placées sous le boîtier, pour ne fixer les pieds qu'une fois la bonne hauteur déterminée.



Le bon emplacement du projecteur et du boîtier-condenseur est aidé par la fixation (adhésif) de papier à petits carreaux, où l'on pourra tracer l'axe optique et marquer les emplacements des éléments.  
=> *Ce dernier point est capital si, pour une raison ou une autre, le projecteur ou le condenseur doivent être temporairement déplacés ou enlevés du banc.*

N.B. : Une installation *sans miroir* – avec redressement logiciel ultérieur de l'image – sera également facilitée en fixant ses éléments sur une planche, mais plus longue, #1,70m si le caméscope y est fixé (on ne se préoccupera plus alors de l'horizontalité, mais seulement du bon parallélisme avec la planche).

## **B) HORIZONTALITE ET HAUTEUR DU FAISCEAU**

Le plan de travail prêt, on commence par y installer le projecteur sans le condenseur, pour s'assurer que l'axe du faisceau projeté est horizontal. Pour cela, supposant un sol lui-même horizontal :

1°) Mesurer avec précision la hauteur, au-dessus du plan de travail, du centre de la sortie de l'objectif.- Le plus précis est de mesurer les hauteurs respectives des bords inférieur et supérieur de l'objectif, puis d'en calculer la moyenne.- Soit XXmm, au mm près (idem plus loin, pour centrer la lentille).

2°) Ajouter XXmm à la hauteur du plan de travail au-dessus du sol, de façon à connaître la hauteur YYmm de l'axe du faisceau lumineux au-dessus du sol.

3°) Dans la pénombre, projeter sans film la fenêtre de projection vide sur une surface claire, à 2m environ du projecteur, en position 'télé' (image la plus petite possible), en mettant bien au point.  
- Marquer (gommettes ou autre moyen) chaque angle de l'image projetée.  
- Repérer ensuite à la lumière le centre de l'image, à l'intersection des 2 diagonales.  
- Mesurer la hauteur de ce centre d'image au-dessus du sol, soit ZZmm.

4°) ZZ doit être égal à YY et l'image projetée doit être bien horizontale (milieu des bords verticaux également à ZZmm du sol).- Sinon, ajuster le réglage des pieds du projecteur ; utiliser si besoin des cales non compressibles, et vérifier encore les hauteurs définitives.

Sur un sol non horizontal, on peut utiliser un niveau à eau type maçon, surtout un niveau-laser (cf infra).

## CENTRAGE DU FAISCEAU, CONDENSEUR EN PLACE

Connaissant la hauteur de l'axe du faisceau au-dessus du plan de travail, il est essentiel de s'assurer :

- que l'axe optique de la lentille est à cette même hauteur (XXmm),
- que l'axe optique de la lentille et l'axe du faisceau sont confondus (la lentille n'est pas 'de travers').

\* Dans le cas d'un boîtier-condenseur, il est capital à la construction de monter la lentille et le miroir bien perpendiculairement au socle.

\* Dans le cas d'un miroir séparé, s'assurer que le faisceau réfléchi est toujours horizontal. Bien vérifier aussi que la lentille est bien perpendiculaire à l'axe du faisceau réfléchi.

Installation avec miroir + lentille sans boîtier



## \* OPTION 1 : UTILISATION D'UN LASER

Montage terminé, on pourra s'aider d'un pointeur laser (forme stylo, ou bien niveau-laser: on en trouve d'abordables dans les magasins de bricolage). Cela n'est pas indispensable, mais très commode pour avoir une 'représentation' précise de l'axe du faisceau lumineux issu du projecteur.

=> **Attention** à ne viser au laser, ni un œil bien sûr, ni l'objectif du caméscope en fonctionnement.

Le principe est de substituer le rayon laser, facile à objectiver le long de son trajet, à l'axe du faisceau lumineux sortant du projecteur.

Divers modes d'utilisation sont possibles :

1°) *Le premier concerne plutôt l'alignement initial.*

On pourra installer le laser (bien immobilisé) entre le condenseur et le projecteur (laissé en place ; en fait, on devra souvent enlever temporairement le projecteur, après avoir soigneusement repéré son emplacement sur le banc.- Une variante consiste à installer un stylo-laser à la place de l'objectif du projecteur, protégé et bien centré dans le tube porte-objectif.

- Il faut que le rayon laser soit exactement à XXmm au-dessus du plan de travail.

- Ce rayon doit être horizontal (contrôle à 2m : spot projeté sur la précédente marque centrale).

- Vérification (lentille enlevée) que la hauteur du rayon réfléchi par le miroir, à la sortie du condenseur, est toujours égale à XXmm [sinon, glisser délicatement de petites cales (comme des languettes de feutrine) derrière le miroir, en haut ou en bas, plus d'un côté ou de l'autre selon le cas] ; on peut facilement mesurer la hauteur du rayon à la sortie du condenseur à l'aide d'une feuille de papier blanc.

- Vérifier ensuite que ce rayon réfléchi donne toujours un spot à ZZmm au-dessus du sol, à 1m ou 1,50m de distance du condenseur.

- Enfin, contrôler que ces mesures sont identiques, lentille en place : cela confirmera sa perpendicularité (lentille positionnée avec précision dans son cadre-support).

2°) *Un autre mode opératoire séduisant, plutôt indiqué lors des réglages de finition* (l'emplacement du caméscope étant connu), consiste à fixer le laser sur le trépied, à l'emplacement et à la hauteur exacts de l'axe de l'objectif du caméscope, et à viser le centre du reflet de la lentille dans le miroir.

- Un bon alignement se traduira par l'arrivée du rayon laser dans l'axe de l'objectif du projecteur, jusqu'au milieu de la fenêtre de projection (spot visible sur un papier glissé à la place du film).

- Ceux dont le projecteur est équipé d'une ampoule dichroïque verront celle-ci s'illuminer, signant la réussite de l'alignement.

- Le contrôle est, là encore, à répéter sans et avec la lentille en place, pour tester sa perpendicularité.

3°) *Le top de cette dernière option, pour moins de 20€.-* On vend en grandes surfaces de bricolage des niveaux laser sur trépied, offrant de multiples avantages pour l'alignement du système de transfert :

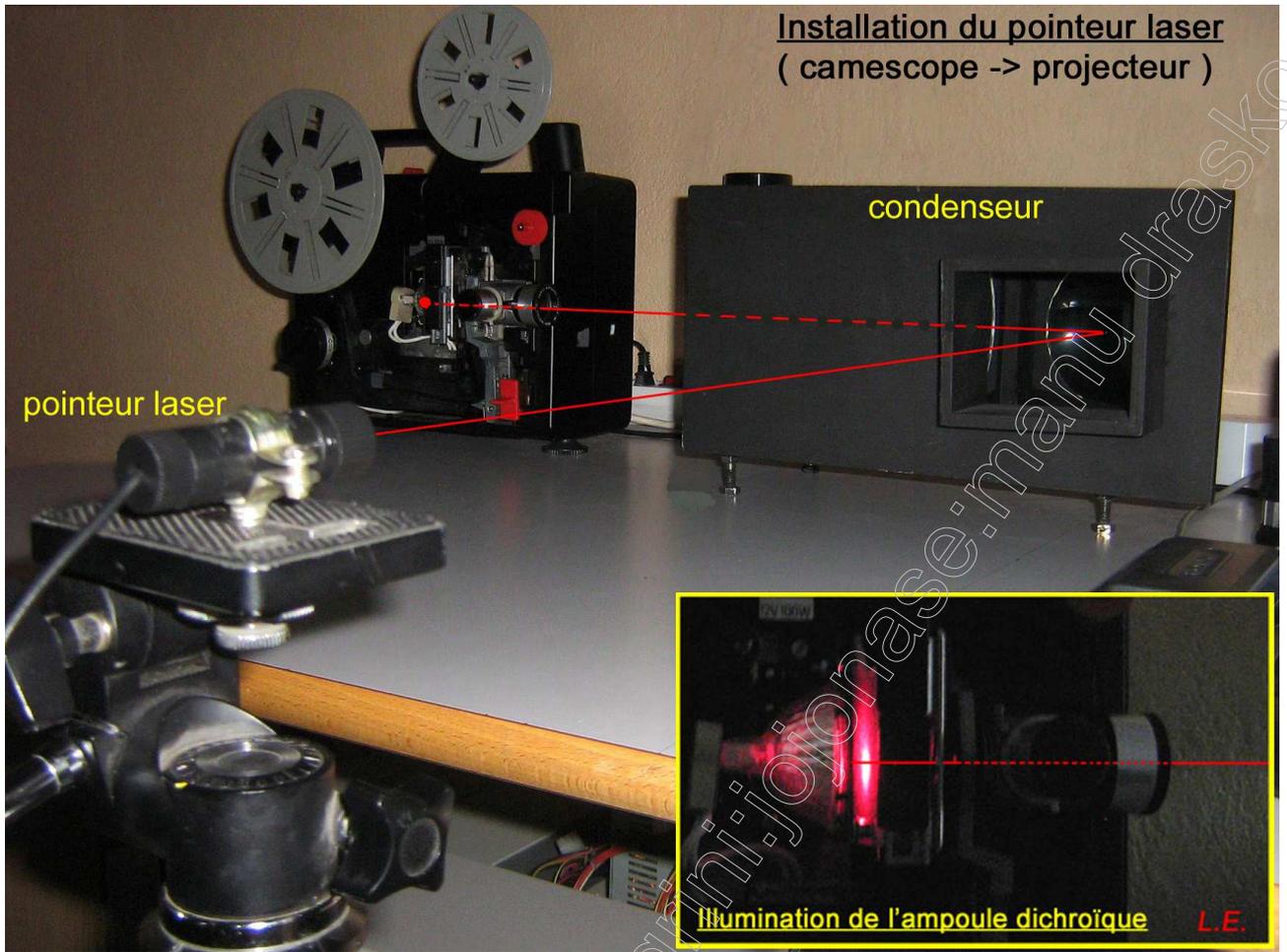
- le *trépied* réglable, très stable, est équipé d'une *crémaillère* permettant le réglage en hauteur ;  
- sa tête comporte son propre *niveau à bulle*, témoignant de son assiette (la bulle doit rester bien centrale pour toute orientation dans le plan horizontal) ;

- *trois molettes* autorisent un réglage « micrométrique » de la partie supérieure, équipée d'un petit étau ;

- ce dernier peut fixer, soit bien sûr le niveau laser d'origine, soit le caméscope (monté sur une semelle à fabriquer soi-même, ou à adapter à partir de matériel photo récupéré).

=> Un ajustement sera nécessaire pour que l'émission laser se fasse exactement à la hauteur de l'axe de l'objectif du caméscope (par exemple, grâce à une pièce intermédiaire entre le niveau et sa fixation ; ou bien en plaçant des repères sur la crémaillère, pour les deux montages).

=> Ce kit offre 2 options de sortie laser, l'une dans l'axe du niveau, l'autre déviée à 90° par miroir (dans certains cas, possible émission depuis la place de l'ampoule du projecteur, vers le caméscope).- Enfin, une émission large 'en trait' (et non punctiforme) peut aider à dégrossir une toute première installation.

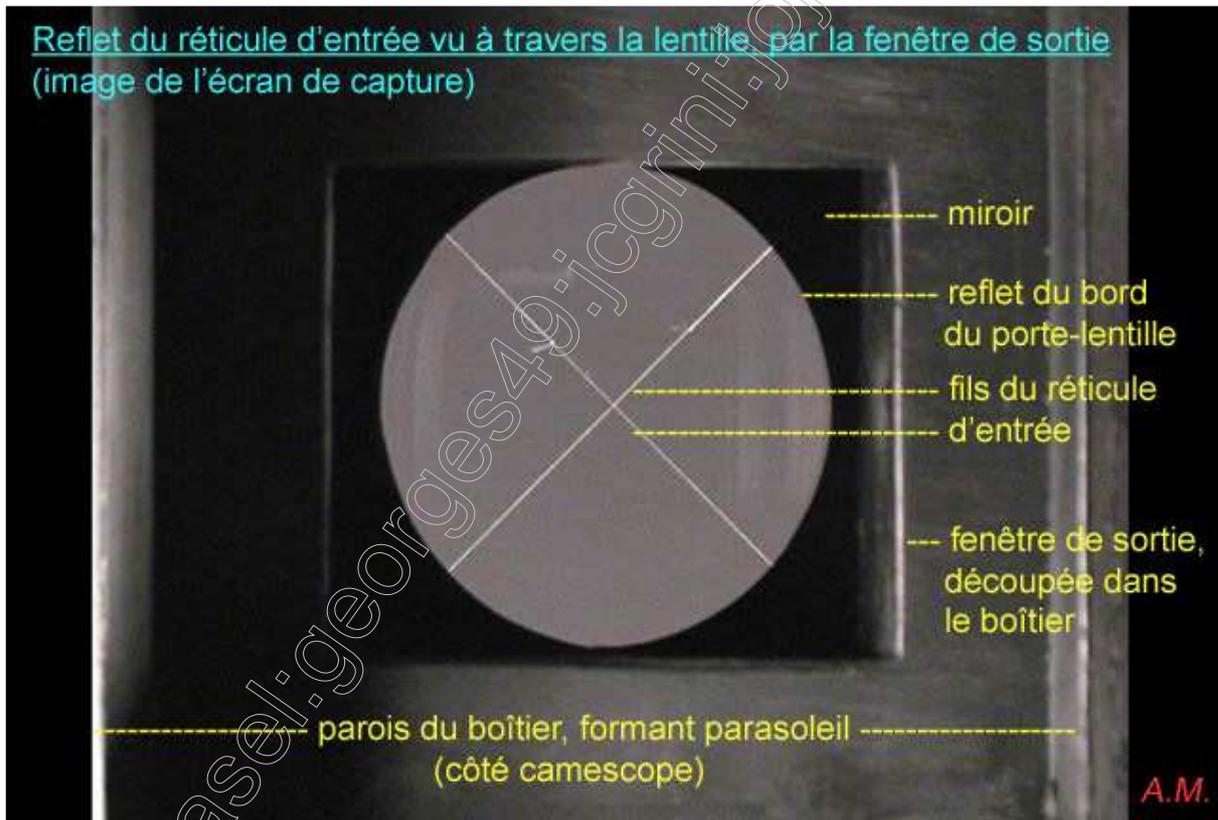


## \* OPTION 2 : LES RETICULES

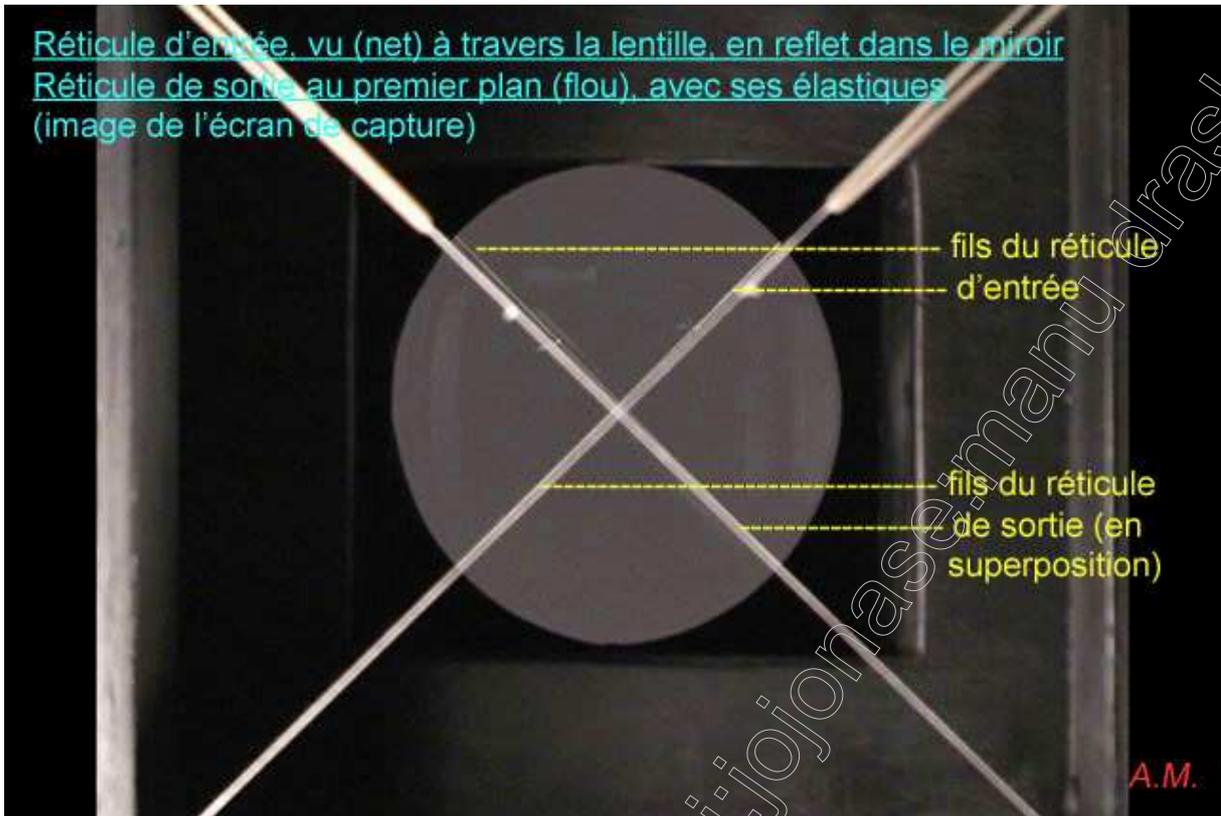
Toujours dans le cas d'un boîtier-condenseur, pour bien centrer le faisceau lumineux (éventuellement le rayon laser) au milieu de la lentille, on peut s'aider de **réticules** faciles à réaliser avec du fil à coudre, 2 petits élastiques et 8 punaises (genre longues épingles à grosse tête, facilement repositionnables).

On place 4 punaises aux coins de l'entrée du condenseur ; 4 autres de la même façon, côté sortie.- Le fil est taillé avec une petite boucle d'un côté, l'élastique de l'autre, de façon à placer par exemple la boucle à la punaise supérieure droite, faire le fil contourner la punaise inférieure gauche puis l'inférieure droite, enfin remonter à la punaise supérieure gauche où est fixé l'élastique légèrement tendu : on obtient ainsi un réticule amovible.

=> Il faut évidemment que les punaises soient positionnées pour que le croisement du fil se fasse exactement à la hauteur du centre de la lentille (précisément à XXmm du plan de travail), et sans décalage latéral.

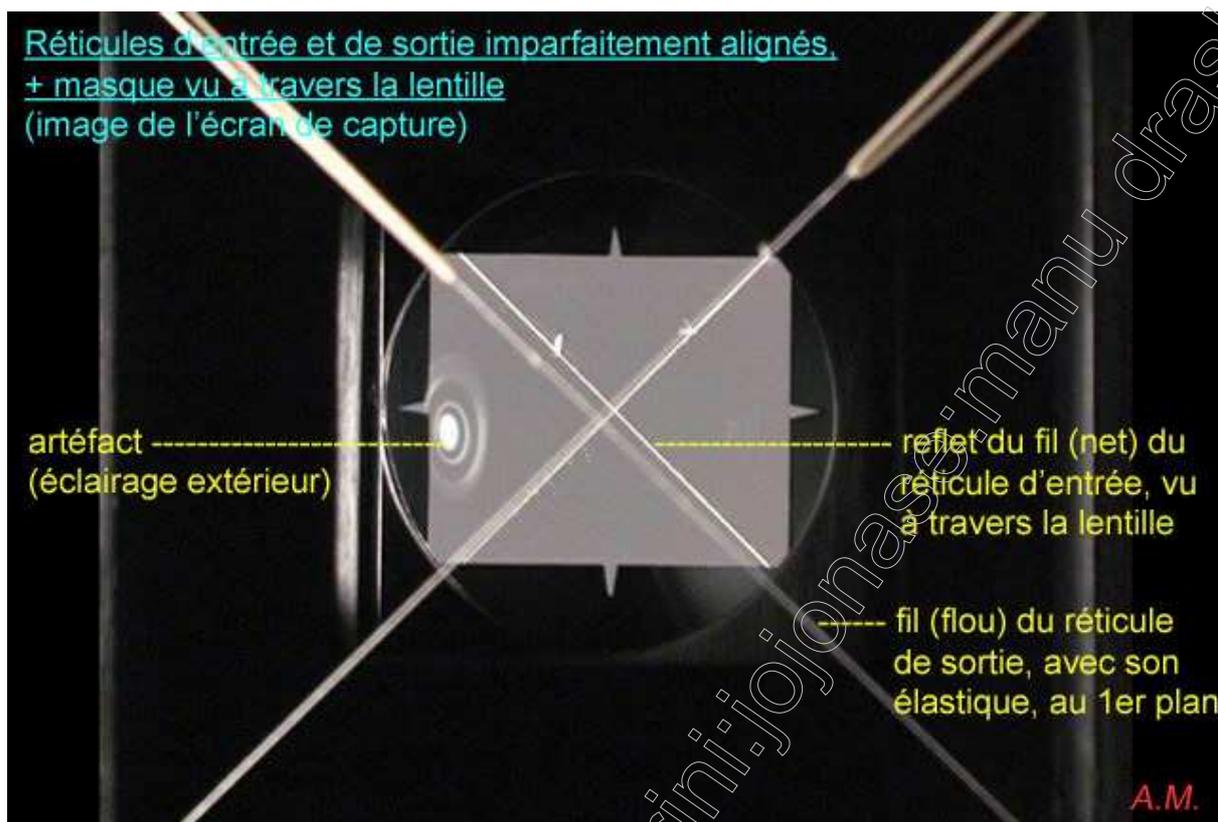


Réticule d'entrée, vu (net) à travers la lentille, en reflet dans le miroir  
Réticule de sortie au premier plan (flou), avec ses élastiques  
(image de l'écran de capture)



Reflet du masque 80mm x 65mm encoché, vu à travers la lentille  
(image de l'écran de capture)





#### **D) ASSIETTE DU CAMESCOPE**

C'est un élément à la fois très important de l'installation et très délicat à maîtriser. Il est plus pratique de monter le caméscope sur un pied à crémaillère, facilitant beaucoup le réglage de hauteur. Malgré les petits niveaux à bulle parfois présents sur les trépieds, ou celle d'un niveau à bulle externe pour horizontaliser l'appareil, l'ajustement est souvent malaisé (à quand un niveau incorporé au caméscope, avec contrôle sur le LCD ?!).

A rapprocher de ce souci d'horizontalité, celui de l'alignement axial du caméscope : l'axe optique de son objectif et celui du faisceau projeté doivent se confondre.- Il faut vérifier que les bords de ce faisceau parviennent exactement et symétriquement sur l'objectif (tout en le débordant, comme on le verra plus loin).

Pour les fins réglages de finition, mieux vaut ne plus toucher à la tête du trépied, mais décaler l'un ou l'autre des pieds sur le sol, d'une fraction de mm, à l'ongle (doigt en appui ferme sur le sol).- De même, pour ajuster la bascule, aucun réglage manuel ne parviendra à la précision d'une, deux, trois... épaisseurs de papier glissées sous l'un ou l'autre des pieds.

En cas notamment de montage sans miroir, sur une longue planche, ceux qui n'utilisent pas de trépied pour supporter le caméscope installeront avec profit une planchette équipée de boulons « micrométriques », permettant de régler l'assiette du caméscope (cf figures ci-dessous).

=> *Les meilleurs témoins d'une assiette correcte seront d'une part la géométrie de l'image capturée (rectangle et non trapèze), d'autre part l'absence d'aberrations.*



## **B) DISTANCES ENTRE ELEMENTS**

Le problème des distances 'plan-film – lentille' (par commodité, on mesure surtout 'objectif - lentille') et 'lentille – caméscope' fait toujours l'objet de multiples discussions.

D'une façon générale, les loupes utilisées pour nos condenseurs n'étant pas de grande qualité optique :

1°) Il faut surtout chercher à n'occuper que leur partie centrale (pas la périphérie), avec un « *faisceau le plus étroit possible sur la lentille* ».

On s'aide pour cela, comme expliqué ailleurs par **JeanLuc92**, en découpant dans du bristol un masque comportant une fenêtre découpée, à bords encochés. Masque à placer juste avant la lentille, côté projecteur. Il faut s'assurer que la fenêtre est exactement centrée sur l'axe optique de la lentille.

2°) Empiriquement, mieux vaut régler l'objectif du projecteur en position 'télé' s'il s'agit d'un zoom, pour limiter les aberrations (le faisceau lumineux atteignant la lentille sera moins divergent).

3°) En rapprochant le plus possible le projecteur, on peut espérer avoir un faisceau moins large sur la lentille; mais l'expérience montre qu'on est vite obligé d'utiliser une focale +/- grand-angle, annulant le bénéfice escompté : c'est bien en 'télé' qu'il faut travailler...

La surface occupée sur la lentille est nettement plus petite avec une lentille 5 dioptries (masque à fenêtre de 60mm x 45mm utilisable) qu'avec une 3 dioptries (fenêtre de 80mm x 60mm). Mais comme le verre d'une lentille 3 dioptries est moins épais, et le faisceau lumineux moins convergent, la définition peut être meilleure en périphérie avec cette dernière, malgré une occupation plus large.

=> *A chacun de déterminer quel est le « meilleur choix » entre les lentilles à sa disposition.*

Les distances précises de travail ne seront données que par l'expérience individuelle, car elles dépendent de l'objectif du projecteur utilisé et de celui du caméscope (zoom plus ou moins puissant). Voici l'ordre de grandeur des distances relevées dans quelques configurations :

1°) *Lentille 5d*

- Plan-film - lentille : 32 à 43cm
- Objectif projecteur - lentille : 24 à 35cm
- Lentille - caméscope : 55 à 68cm

2°) *Lentille 3d*

- Plan-film - lentille : 41 à 51cm
- Objectif projecteur - lentille : 33 à 43cm
- Lentille - caméscope : 81 à 113cm

### **OPTIMISATION DU PLAN D'UNE IMAGE INTERMEDIAIRE**

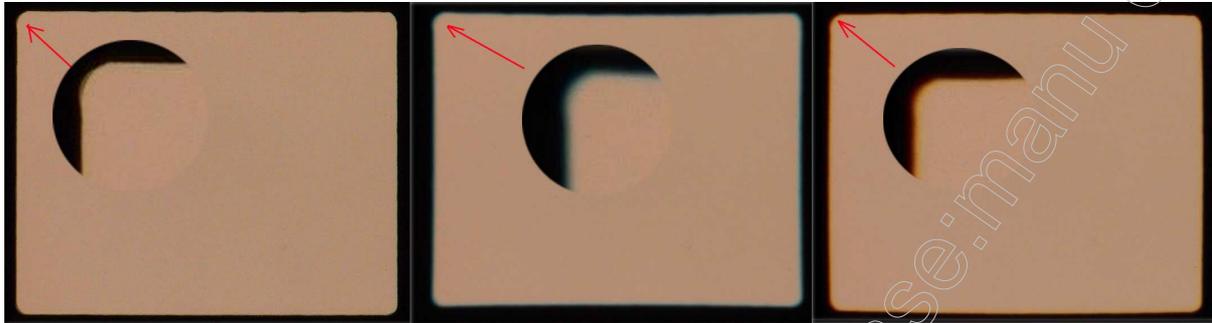
La bonne distance projecteur - lentille et la distance lentille - caméscope assortie ayant été déterminées, un dernier réglage est important : optimiser le plan de l'**image intermédiaire** présente dans la zone de la lentille. Cela se fait souvent approximativement, mais une approche méthodique affinera les résultats.

\* Sans revenir au schéma théorique (§) des images réelles et virtuelles, rappelons qu'une image intermédiaire paraissant « proche de la lentille » fournit en général une capture assez bonne, malgré un cadre imparfait et la malheureuse évidence des moindres poussières sur la lentille (mobiles avec elle) : à partir de là, il est facile de décaler le plan de cette image [(§) cf **liens** en dernière page].

\* Il suffit de noter la distance de mise au point affichée sur le caméscope, par exemple 1.20m. Puis de modifier *manuellement* ce seul paramètre sur le *caméscope* (sans le déplacer, ni le projecteur), dans notre exemple à 1.10m, 1.0m... puis 1.30m, 1.40m... (progression selon la finesse du réglage disponible sur l'appareil), en ne retouchant enfin que la mise au point du *projecteur*.

=> **UNE option donnera LA bonne image, avec le minimum d'aberrations chromatiques.**

\* Selon son équipement, on peut préférer l'inverse : *imposer la distance de mise au point du projecteur*, puis lui asservir celle du caméscope (initialement en automatique, puis blocage en mode manuel). On constatera à la fois que le cadre est plus net que dans les autres réglages, sans franges colorées, et que les fins détails en périphérie de l'image sont mieux dessinés. De part et d'autre de cet idéal (à mémoriser), le cadre de l'image capturée sera plus ou moins légèrement déformé en coussinet ou en tonneau, et se parera d'un liseré bleu ou pourpre.



Habituellement, dans cette position favorable, on constate que le faisceau lumineux issu du boîtier éclaire toute la monture de l'objectif du caméscope, dépassant donc sa lentille frontale.- Cela ne doit pas dispenser de s'assurer que son éclairage est aussi symétrique que possible, tant horizontalement que verticalement : cette bonne coïncidence axiale est à la fois très fragile, demandant de fréquents contrôles, et très délicate à ajuster (micro-déplacements du caméscope) ; on utilisera pour cela, soit un papier blanc placé transitoirement contre l'objectif, soit une feuille de papier noir (pour éviter les reflets) percée d'un trou du diamètre de l'objectif et emboîtée à demeure sur lui.

Par ailleurs, un papier-calque peut aider à préciser où se trouve le plan de l'image réelle intermédiaire, à quelques centimètres de la lentille. Les membres de ce groupe ont mesuré, avec la lentille 3d, dans diverses configurations :

- \* jusqu'à 15cm côté projecteur pour les uns ;
- \* environ 6cm côté caméscope pour d'autres ;
- \* la distance plan-film – lentille étant généralement d'une quarantaine de centimètres (40 à 48).

Il semble y avoir, par rapport à la lentille, un côté plus performant que l'autre, variant selon les installations. Une recherche minutieuse est donc conseillée, afin que chacun utilise par la suite la configuration optimale pour son système.

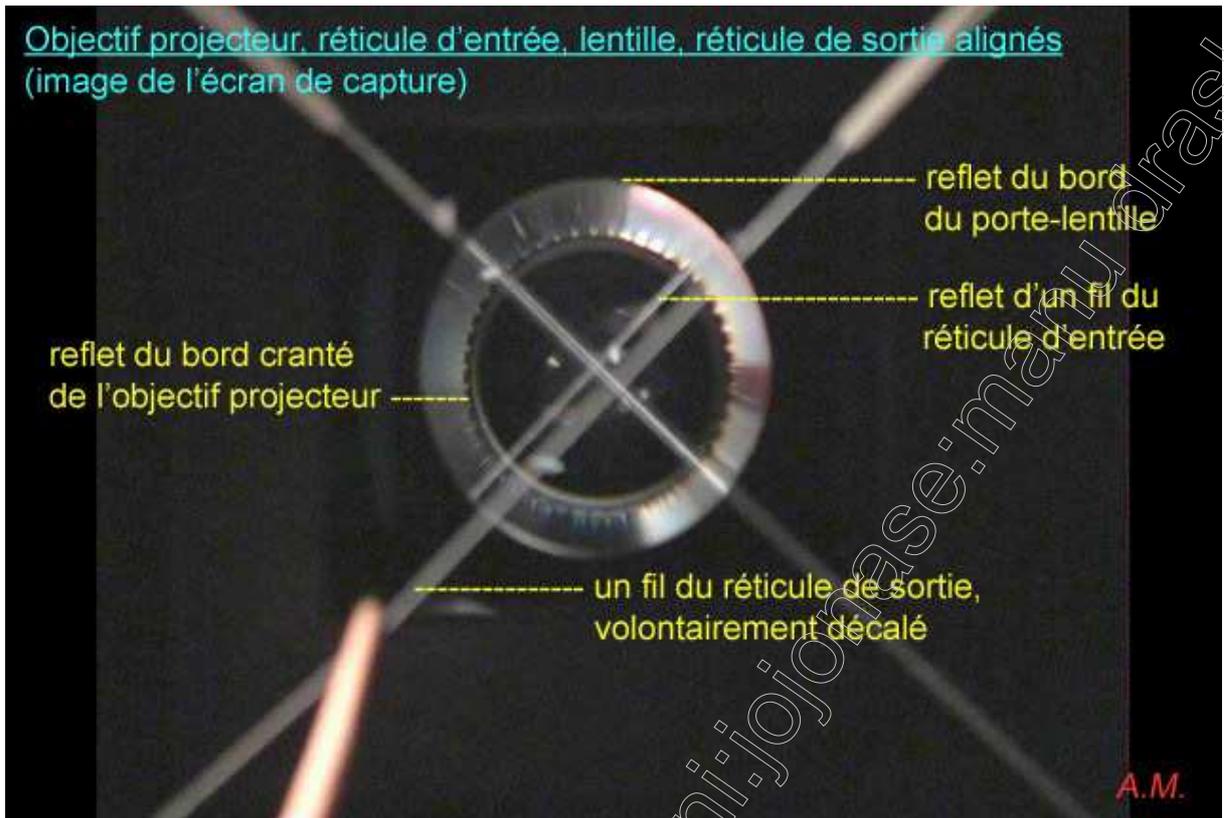
## **F) CONTRÔLE**

Une fois le banc bien paramétré, il est facile de s'assurer que l'axe optique de l'ensemble est correct. Il suffit de replacer les réticules, de capturer en plein écran l'image de la fenêtre de projection (en veillant à ménager le capteur du caméscope : selon l'éclairage du projecteur, fenêtre vide, ou film-mire, ou image claire fixe d'un film, ou papier-calque, ou amorce blanche fixe...), en réduisant le zoom du caméscope et en utilisant une lampe pour éclairer telle ou telle partie du montage. On pourra vérifier que le contour de l'objectif du projecteur, encadrant la fenêtre, est bien centré sur la lentille, et que les réticules sont superposés comme il faut.

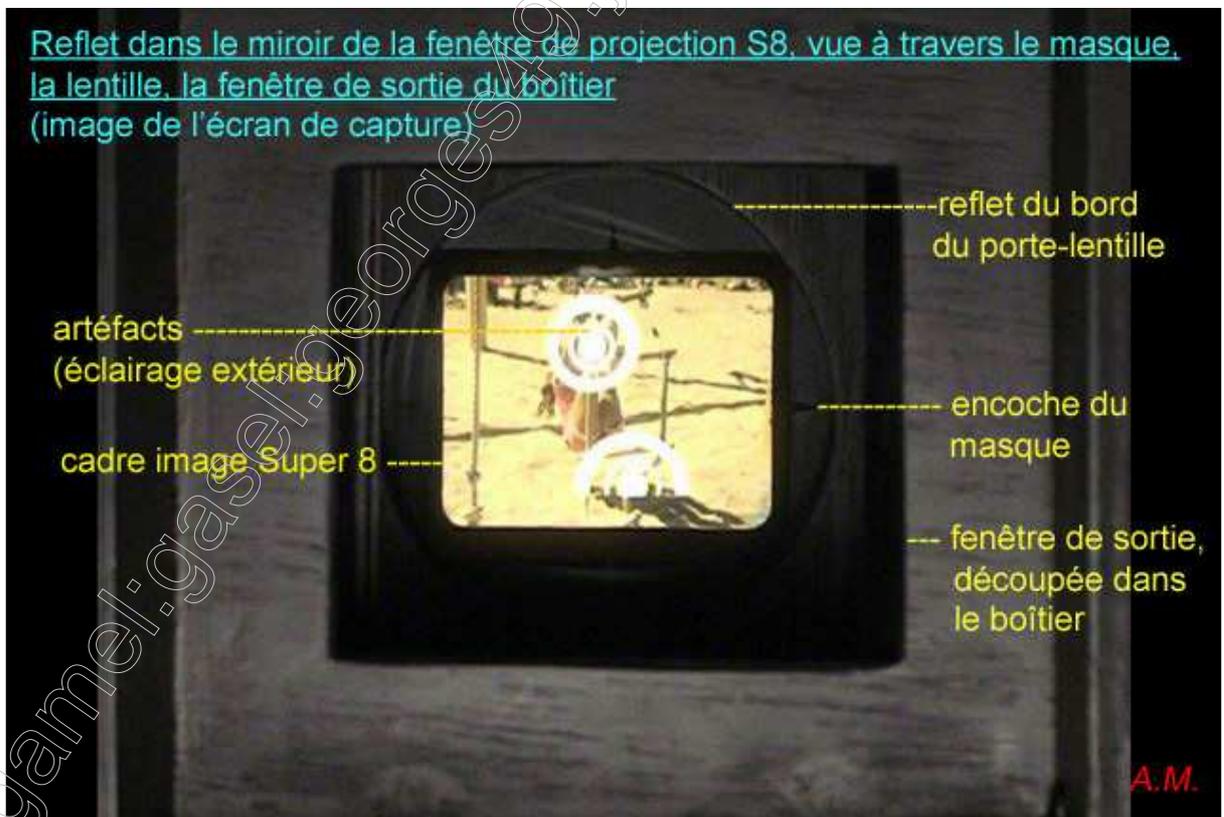
Mais l'aspect à l'écran de la bordure de la fenêtre de projection dépend aussi des caractéristiques de l'éclairage du projecteur : type et centrage de l'ampoule ; bonne répartition de la lumière par le ou les dépolis placés avant le film. Il peut y avoir là une source d'imperfections du cadre de l'image, indépendantes de l'alignement du banc (c'est l'éclairage qu'il convient alors de revoir).

A noter aussi une particularité de certains projecteurs bifilms (Super 8 & 8 normal) : les images de chaque format, empruntant le même couloir, sont discrètement décalées par rapport à l'objectif fixe ; d'autres modèles ont un système de compensation (cf forum du Repaire, **Georges49** et **Jojonase**).

Objectif projecteur, réticule d'entrée, lentille, réticule de sortie alignés  
(image de l'écran de capture)



Reflet dans le miroir de la fenêtre de projection S8, vue à travers le masque, la lentille, la fenêtre de sortie du boîtier  
(image de l'écran de capture)



## **G) MISE EN PRATIQUE DES REGLAGES DE DISTANCE**

En application de ce qui précède, on peut proposer le schéma « pas à pas » suivant (*les valeurs indiquées concernent une **lentille 3d***).- Si l'obtention d'un *cadre* sans défaut est un des buts recherchés, l'obtention d'une belle *image* est primordiale : c'est bien sur une image fixe (fragment de film) qu'il faudra parfaire la mise au point, quitte à retirer ce film de temps à autre pour traiter l'aspect du cadre.

1°) Projecteur (éclairage de la fenêtre ajusté), condenseur, caméscope sont avant tout bien alignés.

2°) Pose d'un masque avec fenêtre de 80mm x 60mm, fixé juste devant la lentille, bien centré.

3°) Pose d'un papier-calque devant le masque.

4°) Zoom du projecteur en position 'télé', projeter une image fixe (l'idéal est une mire de netteté, avec les précautions d'éclairage déjà mentionnées) en modifiant la distance projecteur - lentille pour que l'image projetée sur le papier placé devant la lentille mesure environ 75mm x 55mm ; mise au point de l'objectif du projecteur sans quitter la position 'télé' ; centrage aussi précis que possible grâce au masque en place.

5°) Une fois cadrage et mise au point parfaits, retirer le papier-calque proche de la lentille. Avant d'utiliser le caméscope, si l'on travaille sur un film quasi transparent (mire), s'assurer de l'innocuité de l'éclairage pour le capteur (éventuelles épaisseurs de papier-calque, en sus des dépolis habituels).

6°) *Sans déplacer le condenseur*, et le caméscope demeurant aligné (là est la difficulté), le rapprocher ou l'éloigner du banc pour trouver sa distance correcte du condenseur.

7°) Une bonne assiette du caméscope va de pair avec à *la fois* un objectif bien axé et une image bien centrée.

8°) Surveiller donc, de façon répétée (papier volant blanc, ou masque noir à demeure), que l'objectif du caméscope est bien centré dans un faisceau lumineux un peu plus large que lui.

9°) Améliorer l'image grâce à l'écran LCD du caméscope, puis en utilisant sur le PC un écran de capture de bonnes dimensions. On cherchera à obtenir une image de la fenêtre de projection, encadrée régulièrement par le masque encoché, aussi rectangle que possible (ni en coussin, ni en tonneau, ni en trapèze), avec des bords et des angles sans franges colorées. N.B. : Par la suite, pour la capture, le zoom du caméscope redimensionnera l'image à la demande, en évitant de filmer le masque encoché.

10°) Mesurer la distance lentille - caméscope ; noter la distance de mise au point affichée sur le caméscope

11°) **Ne plus déplacer projecteur ni condenseur**.- *En fin de procédure, les fixer efficacement sur le banc, et bien repérer au sol l'emplacement du caméscope.*

12°) *Décaler de quelques cm le plan de **l'image intermédiaire**, dans un sens puis dans l'autre, en ajustant la mise au point sur l'image et en surveillant les aberration chromatiques du cadre.*

\* Par exemple, pour déplacer ce plan vers le projecteur, augmenter légèrement, manuellement, la distance de mise au point du caméscope, puis corriger la mise au point du projecteur (sans quitter sa position 'télé') pour retrouver une image nette en capture.

\* Inversement, pour déplacer l'image intermédiaire vers le caméscope, diminuer manuellement la distance de mise au point du caméscope, puis ajuster celle du projecteur.

**=> Comme exposé précédemment, la position idéale pour votre système se traduira par la disparition des liserés colorés du cadre, lui-même bien net. Ce sera la position de travail à privilégier.**

## H) LIENS

Liste (non exhaustive) de liens intéressants (renvoyant parfois eux-mêmes vers d'autres liens utiles, par exemple pour se procurer du matériel) :

\* Vous pourrez argumenter, et nous l'espérons améliorer, ce tuto sur un *forum public* où il s'affiche en HTML :

<http://letransfert.xooit.fr/t23-Tuto-sur-l-alignement-du-montage-transfert-super8-vers-DV.htm#p328>

*Discussions sur des forums :*

\* Discussions sur le transfert, au *Forum du Repaire*.- Sauf exceptions caractérisées, l'accueil y est en général chaleureux et instructif.- On y retrouvera bon nombre des repères présentés dans ce tuto :

<http://www.repaire.net/forums/film-argentique-pratique-transferts-video.html>

- On retrouvera, dans le fil « *Transfert Super 8 la méthode Stumpy* », un rappel d'optique par Jojonase (<http://www.repaire.net/forums/1969682584-post444.html>), mais voir surtout les Annexes I et II à ce tuto.

\* Parmi les forums de *cameravideo*, le forum « *Pratique films argentiques et transferts vers DV, DVD* » :

<http://www.cameravideo.net/forum/pratique-films-argentiques-transferts-vers-dv-dvd/>

- de nombreuses informations données dans les messages importants de mcr, épinglés en tête ;

- en particulier « *Réussir de bons transferts sans trop se compliquer la vie* » .

\* Site de jcgrini et JeanLuc92, avec en particulier l'historique des techniques utilisées :

[http://web.jclaud.free.fr/Site%20jean-Luc/pages\\_html/Explications\\_sur\\_le\\_transfert\\_JC.html](http://web.jclaud.free.fr/Site%20jean-Luc/pages_html/Explications_sur_le_transfert_JC.html)

\* Un exemple de construction de boîtier-condenseur... pour ceux qui sont outillés 'pro' :

<http://mcchouette.blogspot.com/>

\* Si les notions d'objets ou images réels ou virtuels vous posent problème :

<http://www.ilemaths.net/forum-sujet-144764.html>

<http://www.lac.u-psud.fr/experiences-optique/images-objets/images-virtuelles.htm>

==> Un merci particulier à Geneviève TULLOUE, professeur agrégée de physique, dont le site très riche (à visiter ++ ) :

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/>

==> comporte des démonstrations animées très parlantes, notamment :

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/miroirs/miroir\\_plan.html](http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/miroirs/miroir_plan.html)

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/lentilles/lentille\\_mince.html](http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/lentilles/lentille_mince.html)

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/lentilles/doublet.html>

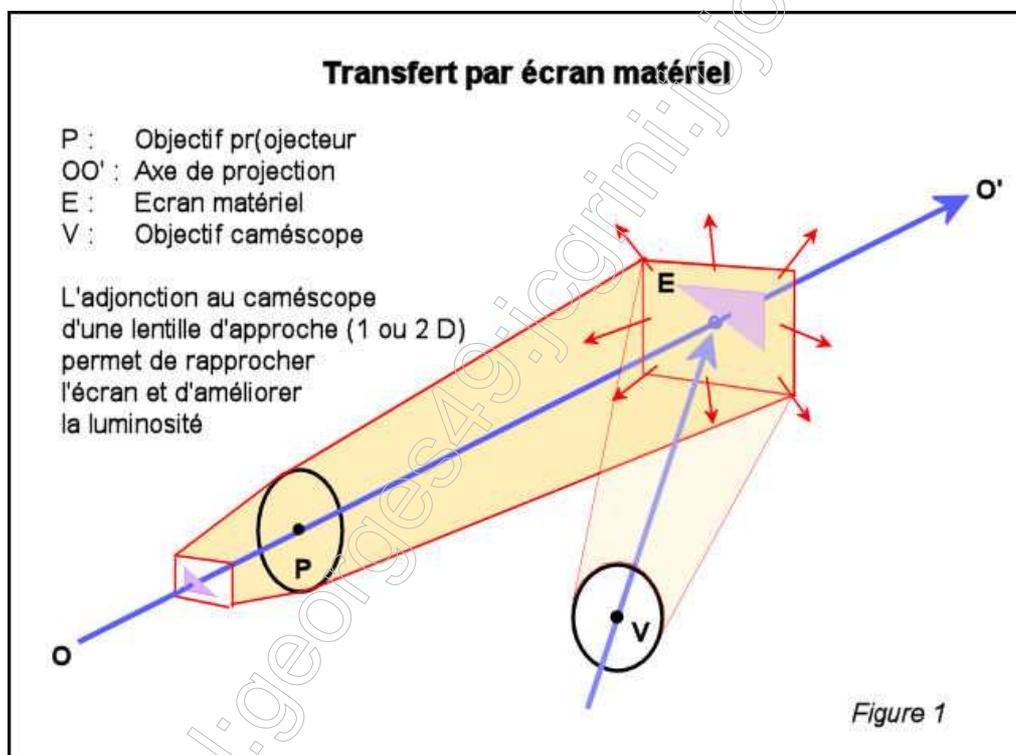
cette dernière en particulier pouvant aider à se représenter – en approximation - le trajet lumineux à travers l'objectif du projecteur (L1) puis la lentille du condenseur (L2).

## Le transfert optique Notions de base

### Les méthodes

Les deux méthodes généralement employées pour transférer des images du projecteur de cinéma vers le caméscope vidéo sont la très classique méthode de l'écran matériel et celle, plus élaborée, de l'écran virtuel par loupe et miroir. Nous nous bornerons ici à une simple mention des procédés de lecture directe sur le film à l'aide de dispositifs macro, qui font appel à du matériel semi-professionnel sortant du cadre de ce tutoriel.

### L'écran matériel



La figure 1 donne le schéma du transfert sur écran matériel. Le caméscope est placé au plus près du projecteur, l'écran à une position assez proche pour que l'intensité de son éclairage soit suffisante, assez loin pour que les effets de parallaxe puissent être négligés, en gros entre 50 cm et 1m, 50. Il appartient à chacun, compte tenu des caractéristiques de son matériel, de procéder aux essais permettant d'obtenir la disposition la plus satisfaisante. L'adjonction à l'objectif du caméscope d'une lentille d'approche de 1 ou 2 dioptries permet, sans incidence perceptible sur la qualité des images, d'utiliser un écran de dimensions restreintes et donc mieux éclairé. Une double mise au point est nécessaire, de préférence en s'aidant d'un moniteur de contrôle :

- en premier, mise au point du caméscope sur l'écran (par exemple sur un fil mince tendu en travers) et blocage en « manuel » de la mise au point vidéo ;
- ensuite mise en route du projecteur et mise au point de l'image à transférer.

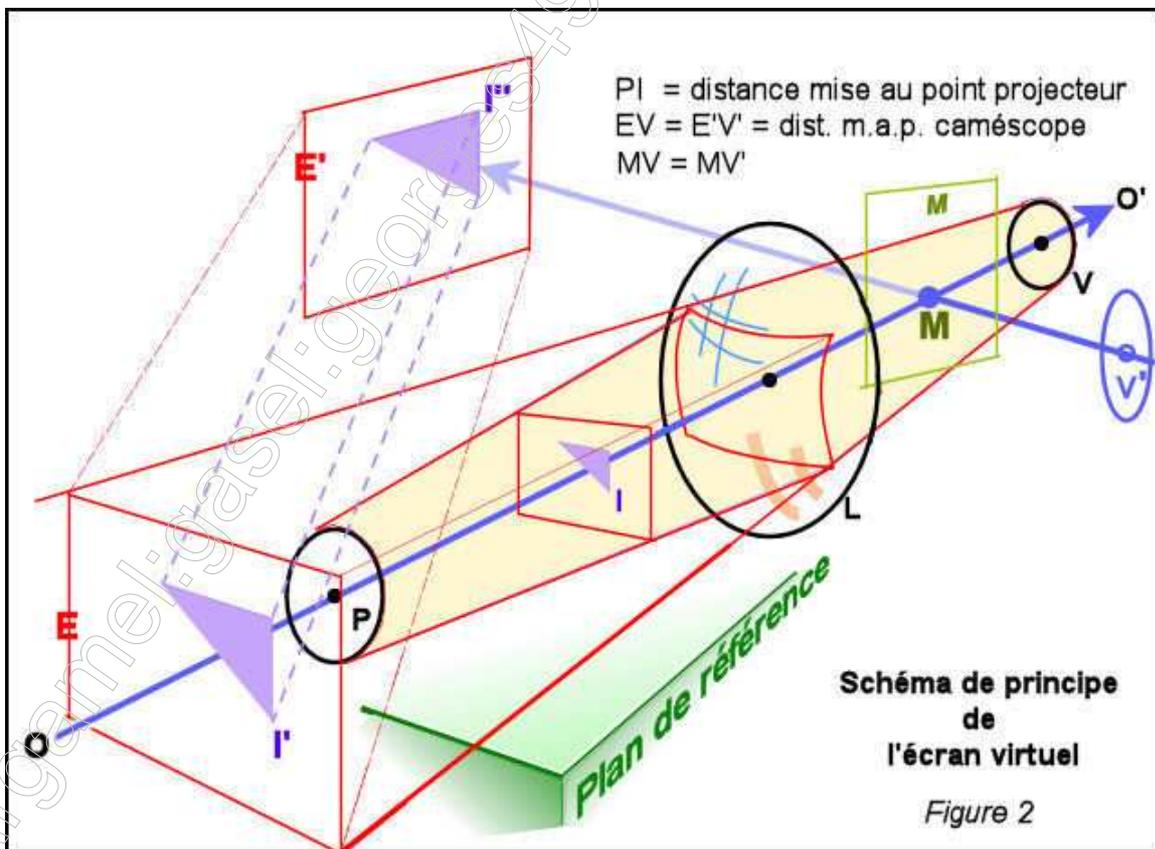
Outre le mérite de la simplicité cette méthode présente celui de ne pas obérer l'image de pertes de pouvoir de résolution ou d'équilibre chromatique (le papier photo blanc mat pour imprimante est un excellent support). Ses inconvénients résultent de la dispersion dans l'espace d'une part importante de la lumière réfléchie provoquant une perte sensible du contraste ainsi qu'un effet de vignetage important.

Ces effets peuvent être en partie compensés de la façon suivante.

- a) orientation de l'écran de façon à mieux diriger le lobe de réflexion vers le caméscope : écran placé sur l'axe lumineux du projecteur, image préalablement bien cadrée puis éteinte, caméscope dirigé vers le centre de l'écran, on plaque un miroir plan ordinaire sur l'écran et on l'oriente pour que l'image de l'objectif du projecteur apparaisse bien au centre de l'image vidéo ;
- b) réalisation d'un écran en dégradé de gris du centre vers les bords : on prend une vue du cadre éclairé (sans film) en fermant fortement le diaphragme du caméscope, on l'exporte vers un logiciel de traitement photo et on inverse noir et blanc pour obtenir un négatif exact dans son modelé de la répartition de lumière ; plusieurs essais sont évidemment nécessaires pour déterminer le meilleur dosage du gris. (si on change la lampe il faut refaire un écran...).

### L'écran virtuel

La méthode de l'écran virtuel par loupe et miroir, dont le principe est présenté sur la figure 2, est plus délicate à mettre en œuvre, mais présente l'avantage, particulièrement intéressant s'agissant d'images 8 et S8 de petites dimensions et donc de faible pouvoir de résolution, de présenter au caméscope des images d'une luminosité brillante et surtout d'un contraste nettement amélioré. On sait en effet qu'un couple contraste – luminosité bien équilibré rétablit *l'impression subjective* de netteté que pourrait faire perdre l'altération de résolution inhérente à tout passage par les diverses optiques, du transfert, objectif de projection, loupe de concentration, objectif caméscope...



Dans ce dispositif il convient de considérer en premier l'axe principal sur lequel sont centrés, de la gauche vers la droite, la lentille de sortie **P** du projecteur, le cône du faisceau lumineux, l'image **I** formée dans l'espace par le projecteur, la loupe **L** (sur laquelle est figurée la trace du faisceau), le cône inversé du faisceau réfracté, la lentille d'entrée **V** du caméscope. La loupe a deux fonctions distinctes :

- a) concentration du faisceau lumineux vers la vidéo en donnant au cône entrant dans le caméscope un angle au sommet compris dans les limites du zoom ;
- b) constitution à partir de l'image **I** formée par le projecteur d'une nouvelle image **I'** sur un écran fictif **E** géométriquement situé dans les limites de mise au point du caméscope.

L'image **I** est une image « réelle » (que l'on pourrait visualiser sur un écran matériel), non visible dans ce montage.

L'image **I'** peut être située en deçà (comme sur la figure) ou au delà de la loupe. Elle est vue à l'envers depuis le point **V**, et donc inversée dans le sens droite – gauche. Le miroir **M** en donne une image virtuelle **I''** redressée et crée à partir de l'écran immatériel **E** un écran virtuel **E'** en face duquel sera placé le caméscope (**V'**) pour une prise de vue normale de l'image argentique.

Du fait de la symétrie introduite par le miroir les distances **ME** et **ME'**, **MV** et **MV'**, **LMV** et **LMV'** sont égales deux par deux. Pour des raisons de commodité nous conduirons l'étude théorique du système à loupe en ignorant dans un premier temps l'existence du miroir, et donc en supposant que les trois composants, projecteur, loupe et caméscope ainsi que les images et écrans sont alignés sur l'axe optique principal. Ceci ne change aucune des données fondamentales du système.

**Nota** : sur la figure est symbolisé en vert un « *Plan de référence* ». C'est le plan auquel doivent *impérativement* être parallèles :

- les bords haut et bas du cadre de l'image **I**
- les axes **OO'** et **MV'** (ainsi donc que l'axe optique de la loupe)

et perpendiculaires :

- les bords droit et gauche de l'image **I**
- le plan principal de la loupe et le miroir

### **Données de mise en place**

#### ***Note préliminaire***

L'étude théorique de tout système optique est conduite suivant les règles de l'optique géométrique dites Lois de Descartes. Ces règles et les formules mathématiques sur lesquelles elles s'appuient reposent sur des simplifications importantes : assimilation à des points et des droites « sans dimension » des sources élémentaires émettrices ou réfléchissantes de lumière (taches colorées, grains argentiques, pixels...) et des faisceaux de photons qu'ils émettent (ainsi bien entendu que les taches ou faisceaux « image » obtenus après passage par les instruments), représentation des lentilles par des plans circulaires sans épaisseur, non prise en

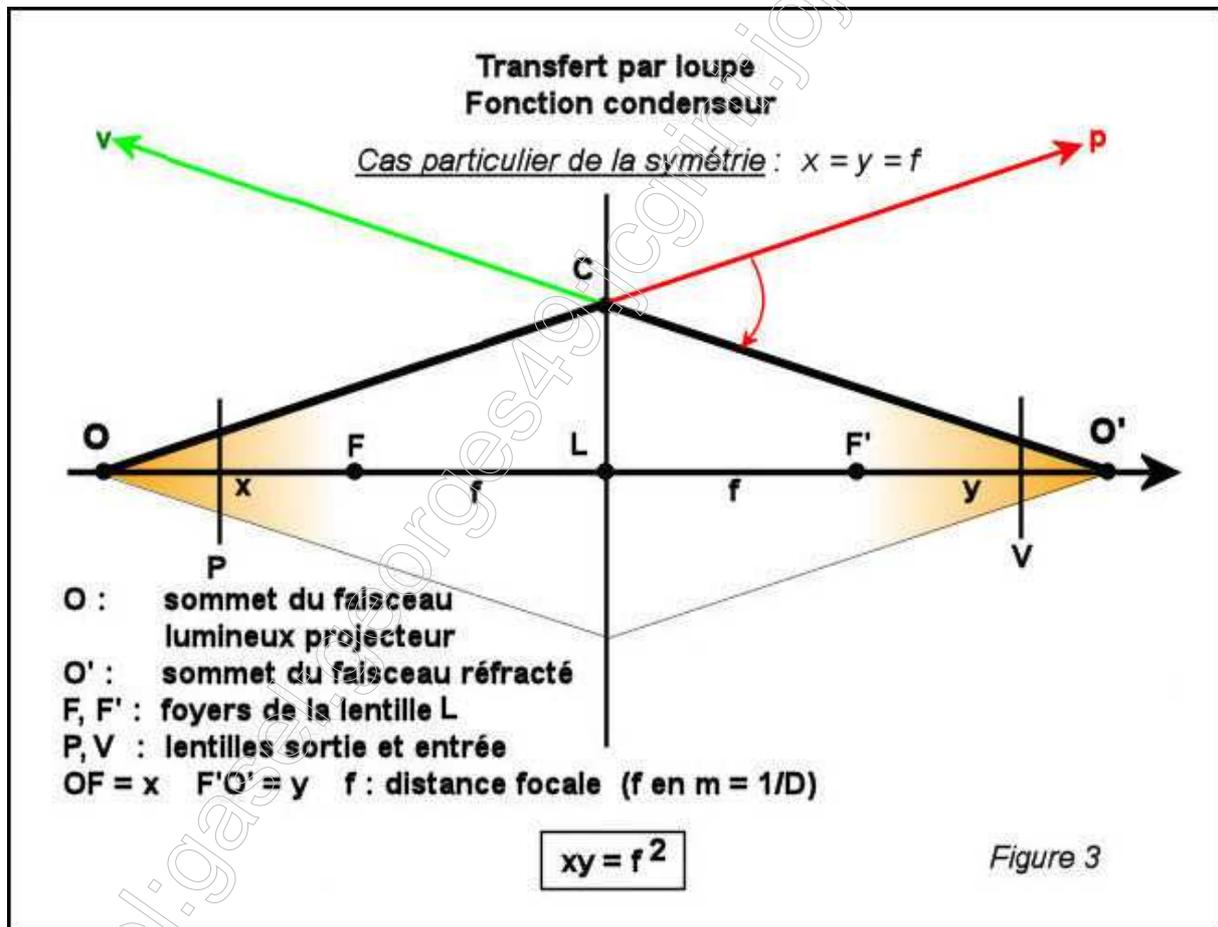
compte des variations de distances focales suivant la fréquence et donc la couleur de la lumière, etc. On doit donc considérer ces règles comme un moyen de *compréhension des phénomènes* et leurs résultats comme une indication sur les *ordres de grandeur* des données de mise en place des appareils.

*Seule l'expérimentation préalable et les tâtonnements qu'elle implique peuvent donner les bonnes valeurs correspondant aux caractéristiques des outils dont on dispose.*

Pour clarifier cet exposé théorique on étudiera séparément et successivement les deux fonctions de la loupe utilisée en transfert.

### Fonction de concentration

La figure 3 en montre le principe : elle représente le dispositif vu en plan. Le point **O** représente le sommet (fictif) du cône lumineux issu de l'objectif **P**. Le segment **Op** et le segment réfracté **O'v**, qui se coupent en **C** sur la loupe **L**, correspondent donc aux rayons passant par l'un des petits cotés de l'image. **O'** est le sommet du cône convergent après traversée de la loupe. Les points **F** et **F'** sont les foyers objet et image : la distance focale est  $f = FL = LF'$ .



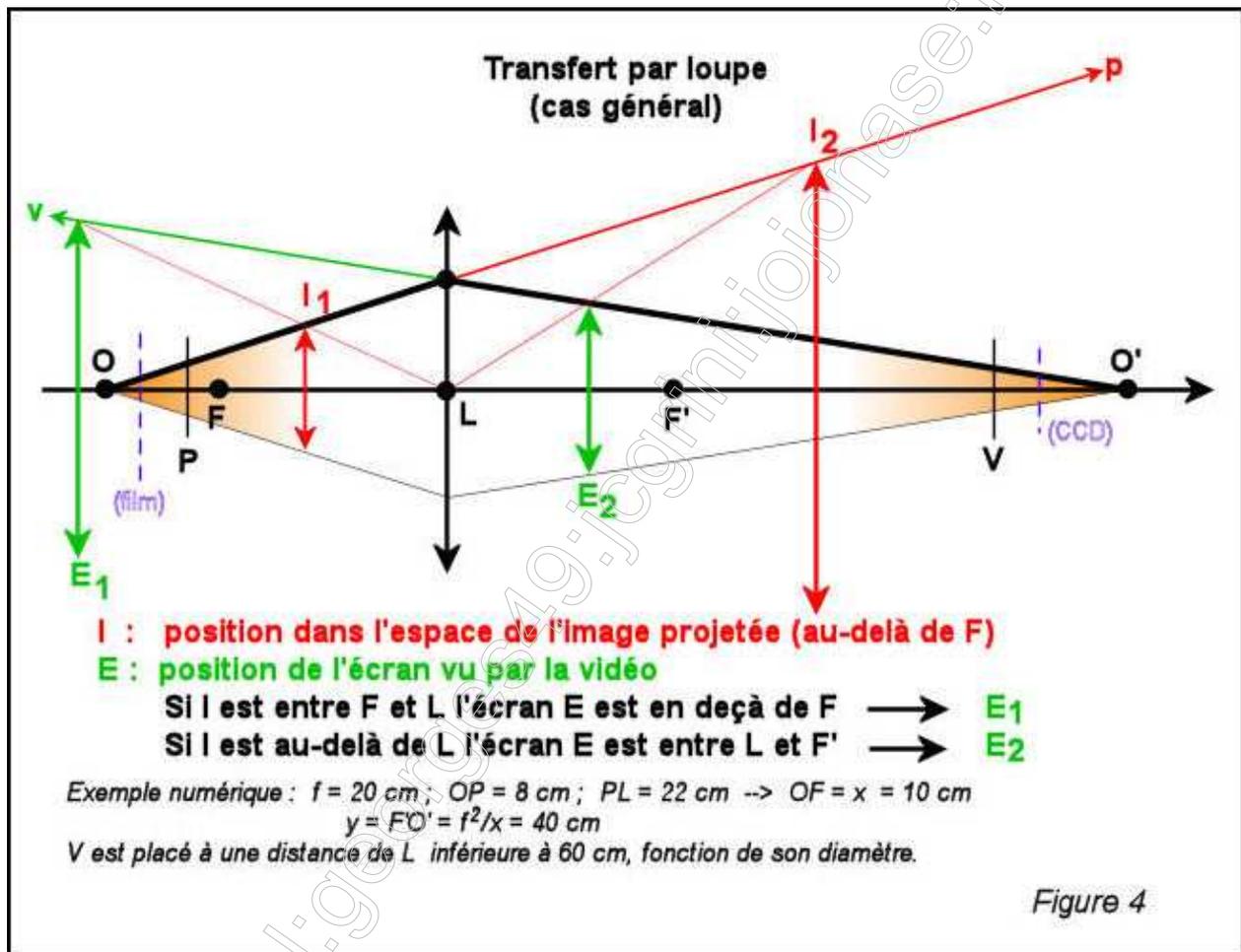
La convergence est assurée quand ces 5 points sont strictement disposés dans l'ordre **O, F, L, F', O'**, le point **O'** étant l'image du point **O** (**O** et **O'** sont dits conjugués).

Si **x** est la distance **OF**, **y** la distance **O'F'**, les lois de Descartes s'expriment par la relation<sup>1</sup>

$$xy = f^2$$

<sup>1</sup> C'est sous une autre forme, la relation classique  $1/p + 1/p' = 1/f$

La configuration choisie pour cette figure est celle qui assurerait les meilleures conditions de convergence dans l'encombrement minimum : la distance  $x$  est égale à  $f$ , ce qui implique que  $y$  est également égale à  $f$  et que les parties de l'image situées de part et d'autre de la loupe sont symétriques. L'angle de déviation  $pCO'$  est minimum et pour tout rayon du faisceau l'incidence d'entrée sur la loupe est égale à l'incidence de sortie, ce qui assure un niveau minimal d'aberrations. Elle suppose malheureusement pour être réalisable que la loupe soit d'une dimension prohibitive. Il est néanmoins souhaitable de s'en rapprocher le plus possible en plaçant la loupe à la plus grande distance du projecteur compatible avec la nécessité de n'utiliser qu'au plus sur les 8/10 de la surface de la lentille. On se place alors dans le cas de la figure 4. On doit toujours avoir impérativement  $F$  placé entre  $O$  et  $L$  ;  $x$  étant réduit la distance  $y$  augmente, obligeant donc à éloigner le caméscope de la loupe.



### Fonction écran

La même figure peut être utilisée pour construire facilement la position de l'écran  $E$  (cf. figure 2). On peut remarquer en effet que puisque  $O'$  est l'image de  $O$  et que le point  $C$  de la loupe est nécessairement sa propre image, tous les points situés sur la droite  $Op$  ont leur image sur la droite  $vO'$ . Par ailleurs, règle fondamentale de l'optique géométrique, tout rayon passant par le centre  $L$  de la loupe ressort sans être dévié. Si donc le point  $I$  de la droite  $Op$  est l'image donnée par le projecteur d'un point de l'image ciné situé en bord du cadre, son image, qui est celle d'un côté de l'écran  $E$ , est à l'intersection de la droite  $LI$  avec le segment  $vO'$ .

On remarquera que la molette de mise au point du projecteur définit en fait la position dans l'espace de l'image finale, sur laquelle la mise au point doit être faite par le caméscope.

La figure donne deux positions possibles  $E_1$  et  $E_2$  de l'écran  $E$ , suivant que l'image  $I$  donnée par le projecteur se trouve en deçà ou au-delà de la loupe  $L$ . Vues du caméscope ces deux images ont strictement les mêmes caractéristiques : même flux lumineux, même angle de zoom. Seules diffèrent les distances de mise au point vidéo. Les essais préliminaires doivent permettre de déterminer la position donnant la meilleure image et le minimum d'aberrations.

## **Les contraintes**

### ***Choix de la loupe***

La première contrainte rencontrée lors du choix des matériels et de leur mise en place est la définition d'une convergence convenable et donc de la vergence  $V$  (en dioptries) de la loupe.

Les caractéristiques « zoom » des caméscopes grand public conduisent à préconiser :

- pour le projecteur, longueur de focale égale ou supérieure à 25 mm
- pour la loupe, vergence aux alentours de 4 dioptries.

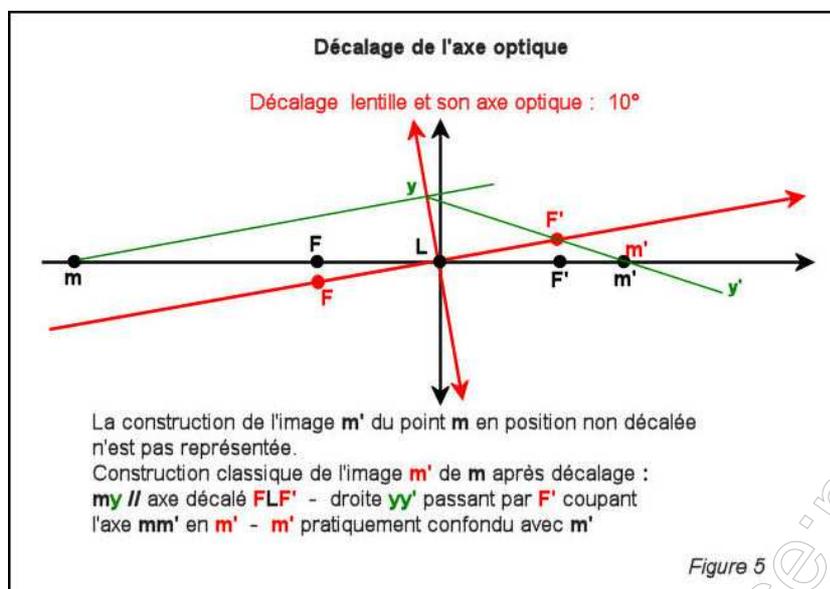
Une vergence plus faible (3D) présente en principe un niveau plus faible d'aberrations, mais au prix d'un encombrement plus grand du dispositif et aussi d'une certaine difficulté à entrer dans le domaine d'un zoom 10X, sauf à adopter une lentille trop grande (une 3D de 17 cm de diamètre a une épaisseur en son centre de 2 cm au moins et perd ainsi les avantages qu'elle pourrait avoir sur une 5D de plus petit diamètre, nettement moins épaisse). Une vergence plus forte (5D) permet un gain de place substantiel et autorise sans problème l'emploi des caméscopes à zoom 10X. Son diamètre doit être de l'ordre d'une douzaine de cm afin d'éviter au faisceau lumineux de trop en « tangenter » les bords.

### ***Emplacement de l'écran virtuel***

La constitution de l'écran virtuel a ses propres contraintes liées aux distances minimales de mise au point du projecteur et du caméscope. En effet, plus on met au point loin du projecteur, plus l'écran virtuel se rapproche du caméscope. On risque donc de se trouver confronté à l'impossibilité de placer cet écran dans les limites de mise au point de la vidéo. Forcer une mise au point rapprochée du projecteur en imposant un tirage hors limite n'est pas conseillé, car l'objectif, optimisé pour une projection à distance normale d'écran, perd de ses qualités hors du domaine défini par le constructeur. En revanche l'adjonction au caméscope d'une bonnette d'approche de faible puissance (1 dioptrie, à la rigueur 2) est parfaitement envisageable. S'agissant d'images planes, le peu d'aberrations que pourrait éventuellement introduire cette lentille additionnelle reste négligeable devant le gain en qualité obtenu en ramenant l'image fournie par le projecteur dans ses limites les plus convenables.

### ***Précision de montage de la loupe***

Lors du montage de la lentille il convient de porter une attention toute particulière à la concordance de son axe optique avec l'axe d'alignement prévu, qui reliera les 3 centres : de l'image ciné – de la loupe – de l'image vidéo, le tout en parallélisme avec le plan de référence.



La figure 5 montre qu'une fois le montage réalisé la *mise en alignement* de ces 3 centres, quel que soit le procédé utilisé et aussi précis soit-il, ne permet pas de vérifier la perpendicularité de la lentille sur cet axe. En effet, avec une lentille simple l'image d'un point  $m$  de l'axe reste pratiquement au même endroit  $m'$ , que l'axe optique de la lentille soit ou non confondu avec l'axe des centres. Or un décalage de 1 mm du bord d'une lentille de 6 à 7 cm de rayon correspond à un écart de 1 degré de son axe optique, angle à partir duquel des aberrations peuvent apparaître en bord d'image (sauf à disposer de lentilles achromatiques de très bonne qualité, plutôt chères). A défaut d'utiliser une méthode optique particulière pour ce réglage de perpendicularité il convient, dès la construction, de veiller à placer au mm près la lentille dans son cadre.

### *Mise en place du miroir*

La seule contrainte concernant le miroir est le réglage de sa perpendicularité au plan de référence, *afin d'assurer après réflexion le parallélisme de l'axe des centres à ce même plan*. Sa position sur l'axe, ainsi d'ailleurs que l'angle qu'il forme avec lui, sont indifférents du moment qu'il est placé entre le projecteur et la caméra. Chacun, en fonction des caractéristiques de son matériel, choisira la place et l'orientation du miroir qui lui paraîtront les plus convenables.

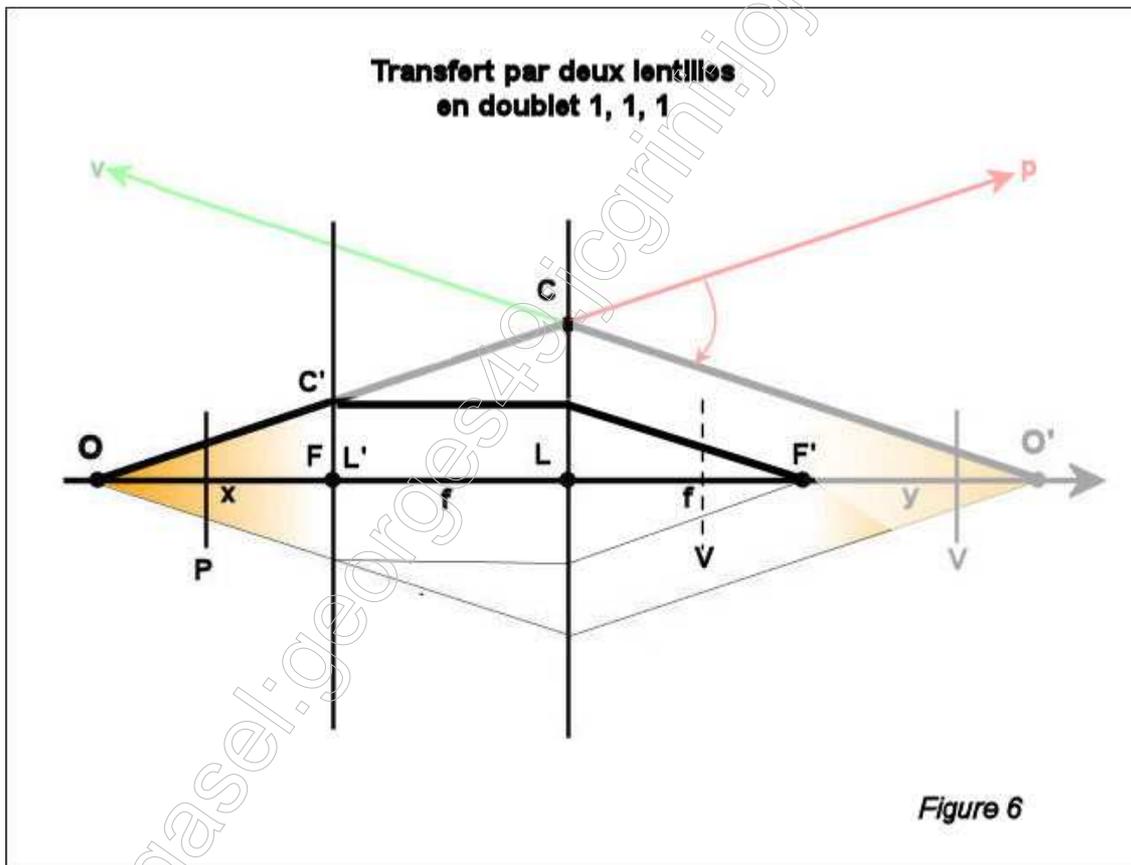
### Les essais préliminaires

Avant de se lancer dans la mise en place définitive et notamment dans la construction de l'ensemble loupe-miroir, il est fortement conseillé de faire une série de transferts d'essais « en ligne », sans miroir, avec une mise en place provisoire aisément modifiable. Ces essais permettront de déterminer notamment le meilleur couple de distances « projecteur – loupe » et « loupe – caméra », ainsi que le meilleur emplacement de l'écran immatériel dans le champ de mise au point du caméra.

## Le transfert à deux lentilles (doublet)

### *Le transfert en doublet - avantages et inconvénients*

Les avantages d'un montage à deux lentilles sont mis en évidence par la figure 6, qui reprend en grisé le schéma de la figure 3 de l'annexe 1 et montre en superposition comment passer de la loupe unique au doublet. Une lentille  $L'$  identique à celle du montage simple  $L$  est placée au foyer objet  $F$  de celle-ci. Les deux lentilles sont distantes l'une de l'autre de  $f$ , distance focale commune. La source apparente  $O$  du faisceau lumineux se retrouve au foyer objet de  $L'$ , alors que  $L$  est à son foyer image. Après une première réfraction les rayons sortent parallèles à l'axe principal puis convergent après la deuxième vers  $F'$ , foyer image de  $L$ . On reste donc dans un montage parfaitement symétrique avec tous les avantages du premier, mais sur un espace considérablement restreint.



Le doublet ainsi constitué a la même vergence que chacune des lentilles considérée seule<sup>2</sup>, ce qui se traduit pour les faisceaux entrant et sortant par la même ouverture que dans le montage à une lentille, et donc par le même coefficient de zoom pour le caméscope.

<sup>2</sup> La formule générale est  $V = V_1 + V_2 - e \cdot V_1 \cdot V_2$  avec  $V, V_1, V_2$  en dioptries et  $e$ , espace entre lentilles, en mètres.

Le principal avantage du montage est le gain de place bien sûr, mais aussi la possibilité d'utiliser des lentilles de diamètre plus faible, moins chères à qualité égale. Le doublet étant plus près des objectifs du projecteur et du caméscope la meilleure place pour le miroir est entre les deux lentilles, ce qui permet de réduire encore l'encombrement du banc et de faciliter sa mise en place.

Ce type de doublet (1, 1, 1, soit distances focales et espacement égaux) a de plus la propriété de réduire de manière significative les aberrations propres à une seule lentille.

Son inconvénient majeur résulte de la nécessité d'un alignement aussi parfait que possible des axes optiques de l'appareil : entre eux d'abord puis avec ceux des appareils extérieurs. Or à cet égard la présence d'un miroir – souhaitable, le retournement par réflexion des images, qui n'en sont pas altérées, est plutôt préférable au retournement par logiciel – complique le problème. Doubtant les angles, le miroir en effet double les conséquences des erreurs de calage.

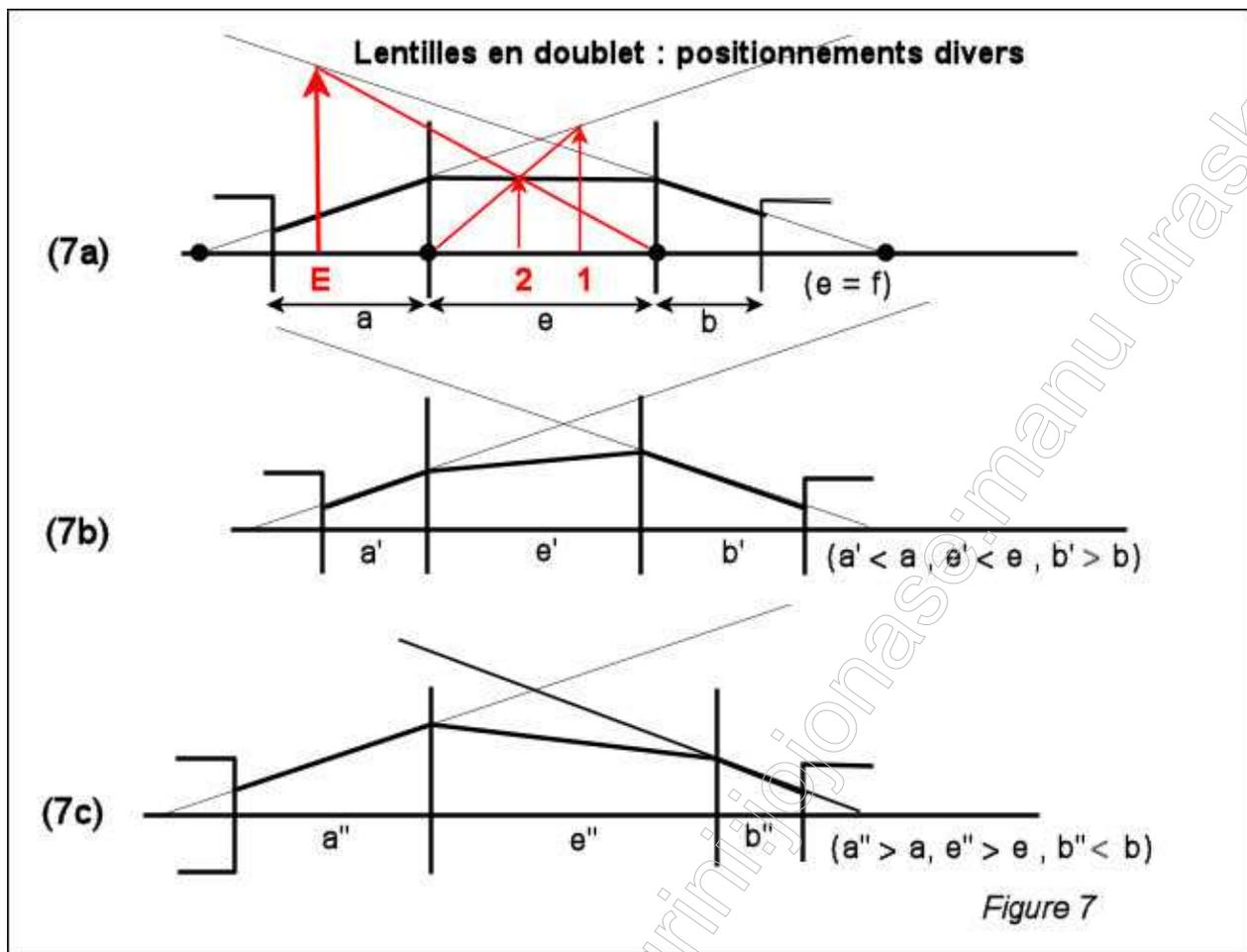
L'intérêt de l'adoption du doublet dépend fortement de la qualité du matériau de base dont on dispose. La pellicule la plus commune à transférer est le Kodachrome 40. Ses caractéristiques intrinsèques publiées par l'industriel la dotent d'un pouvoir de résolution de 80 l/mm (valeur moyenne et la plus probable en un point donné, rappelons-le) soit 160 points/mm. La définition horizontale en S8 est donc en théorie de l'ordre de 850 à 900 points. Mais cette qualité est rarement atteinte en cinéma d'amateur, qui a plutôt des résolutions de 120 à 140 points/mm, en compatibilité de définition quasi parfaite avec les 720 points du MiniDV. On pourrait penser que le chaînon faible en transfert par condenseur est la loupe, instrument le plus simple qui soit. Or la détérioration d'image qu'elle provoque est relativement limitée : faisceau lumineux étroit, faible puissance et donc faible courbure, faible incidence des rayons qui la frappent produisent un taux de distorsion relativement bas, surtout sensible en bord d'image où se trouve rarement le sujet principal d'un film d'amateur (si le zoom du caméscope en permet l'utilisation une 3 dioptries est toujours préférable à une 5). Le transfert en loupe simple est donc en général largement suffisant pour le 8 mm et dans la plupart des cas pour le S8 : si le montage de la loupe et le réglage du miroir ont été faits avec soin, le maillon faible de la chaîne de transfert est plus souvent le film à transférer que le condenseur.

Le montage en doublet peut en revanche être intéressant pour les très bons Super 8, et surtout pour les pellicules de plus grande surface et de bonne qualité, et donc de meilleure définition, telles les 9 et 16 mm.

### ***Définition des caractéristiques d'un doublet***

Plus encore que dans le cas de la lentille unique il est indispensable de procéder à des essais préliminaires « en ligne », c'est-à-dire sans miroir, afin de déterminer les meilleurs paramètres de construction, compte tenu des caractéristiques du projecteur et de celles du caméscope que l'on compte utiliser.

La figure 7 montre diverses dispositions différant de la position idéale mais pouvant se révéler plus performantes :



Le schéma 7a est le montage de principe 1,1,1. Il reprend la méthode de construction des images utilisée pour le montage à loupe unique : le projecteur forme son image en **1**, la première lentille la déplace en **2** et la deuxième place l'écran virtuel en **E**.

Les schémas 7b et 7c correspondent à des vergences résultantes légèrement différentes de celle des lentilles. On rappelle que la vergence d'un doublet est donnée par la formule

$$V = V_1 + V_2 - e.(V_1 \times V_2) \quad (V \text{ en dioptries, } e \text{ en m})$$

La disposition 7b peut être utile dans le cas où on utilise des lentilles 3D (toujours préférables) avec un zoom limité à 10X.

Dans le cas tout à fait envisageable d'une 3D montée avec une 5D on devra adopter l'un des montages 7b ou 7c. Les écartements optimaux  $e$  sont les suivants :

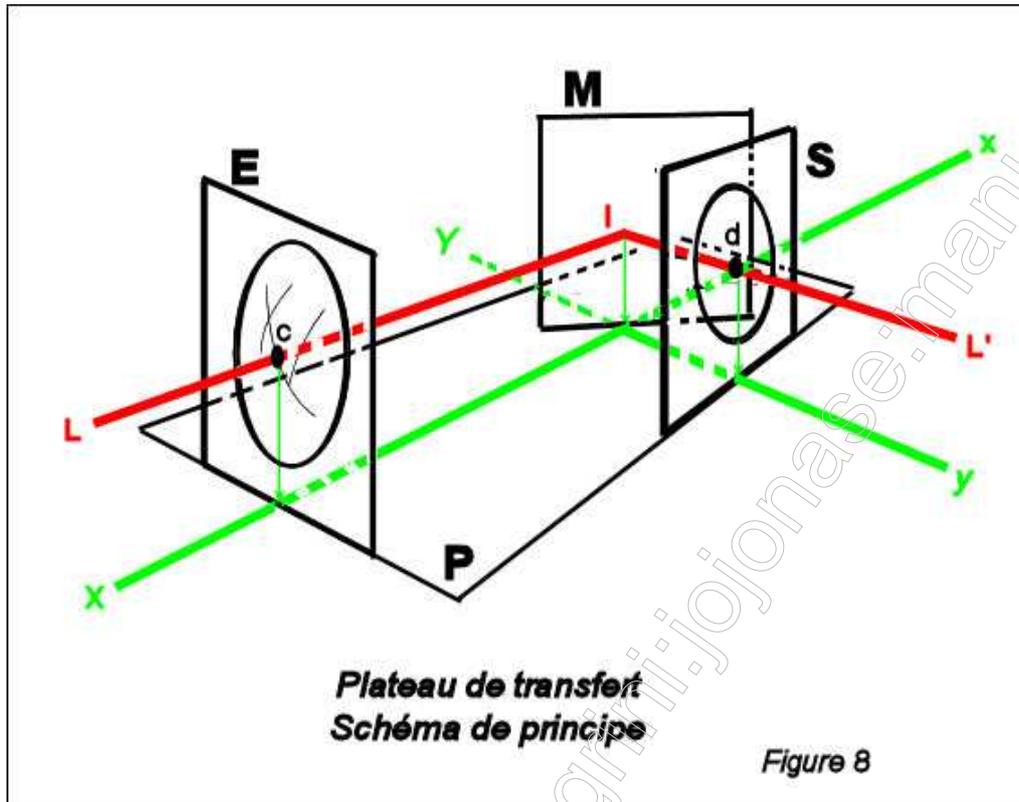
**3D + 3D :  $e = 0,33 \text{ m}$**

**5D + 5D :  $e = 0,20 \text{ m}$**

**3D + 5D :  $e = 0,26 \text{ m}$**

## Réalisation d'un plateau de transfert

L'architecture en est donnée par la figure 8.



Le plateau **P** est le plan de référence. Il supporte deux platines : **E** support de la lentille d'entrée, **S** support de la lentille de sortie, ainsi que le miroir **M**. L'axe principal de projection **LL'** est parallèle au plan **P**. Il entre par le centre **c** de la lentille, se réfléchit en **I** et sort par le centre **d**. Sa projection orthogonale sur le plan **P** se fait sur les deux droites **Xx**, ligne de foi principale, et **Yy**, ligne de foi secondaire. **LL'** part du centre de l'image portée par le film et aboutit au centre de l'image reçue par le CCD : c'est la « ligne des centres » ; les axes optiques des lentilles doivent se confondre avec cette ligne et le miroir doit être rigoureusement perpendiculaire au plan **LIL'**.

*Si ces conditions sont remplies il n'y a pas d'autre rayon entrant par **c** et sortant par **d** que celui de la ligne des centres : cette caractéristique essentielle est la condition sine qua non d'une bonne et facile mise en place finale du dispositif de transfert.*

La réalisation du plateau passera par les étapes suivantes :

- tracé des lignes de foi principale et secondaire
- mise en place des platines porte-lentille de façon que les centres **c** et **d** se projettent orthogonalement sur les lignes de foi
- ajustement des axes optiques des lentilles pour les rendre parallèles aux lignes de foi
- mise en place et fixation du miroir pour que l'axe **LcI** se réfléchisse strictement suivant **IdL'**.

*Nota : tous les principes exposés ici s'appliquent intégralement au cas du plateau de transfert à une seule loupe, sous réserve que le centre **c** de la fenêtre de sortie, fenêtre sans lentille, soit physiquement repérable.*

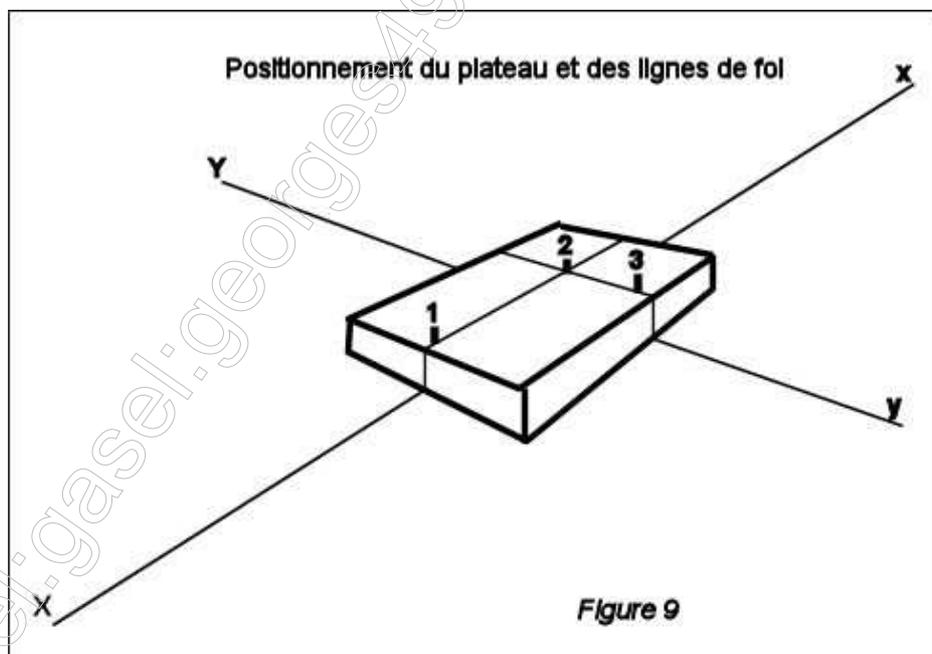
### Exemple de réalisation

Le plateau dont la réalisation est prise en exemple comporte deux objectifs récupérés sur une jumelle 7 x 50 déclassée, de très bonne qualité et assez vieille pour ne pas être teintée par un vernis anti-réflexions de couleur agressive (qui les rendrait impropres à l'usage prévu en imposant une dominante incontrôlable). Chaque objectif comporte plusieurs lentilles, diamètre 50 mm et focale d'une vingtaine de cm (dimensions compatibles avec un CCD 1/6'')

### *Préparation*

Les platines supports de lentille sont des rectangles de contre-plaqué accolés et travaillés conjointement, les ouvertures circulaires ajustées à la râpe d'un même mouvement : la position de leur centre n'est pas critique, ce qui l'est c'est qu'elle soit strictement la même pour chacun d'eux et donc qu'ils soient exactement superposables, faces internes en regard.

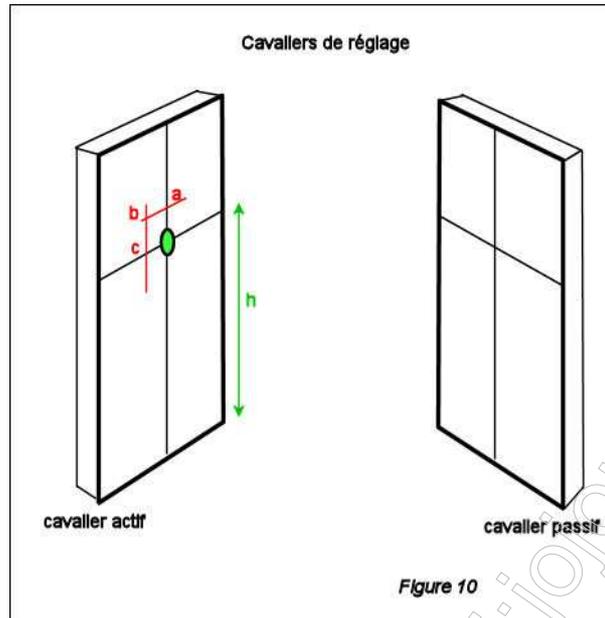
Le plateau (figure 9) est un carré de latté de 22 mm. Les deux axes **Xx** et **Yy** sont prolongés sur les tranches par des tracés rigoureusement perpendiculaires au plan principal. Les trois points **1**, position sur **Xx** du milieu avant de la platine d'entrée, **3**, position sur **Yy** du point correspondant de la platine de sortie, et **2** à l'intersection des lignes de foi, sont chacun marqués par une courte pointe sans tête qui serviront de pivot lors de la mise au point. Le plateau est posé sur une surface plane sur laquelle est tracée une fine ligne droite longue d'environ 5 fois la distance focale des lentilles.



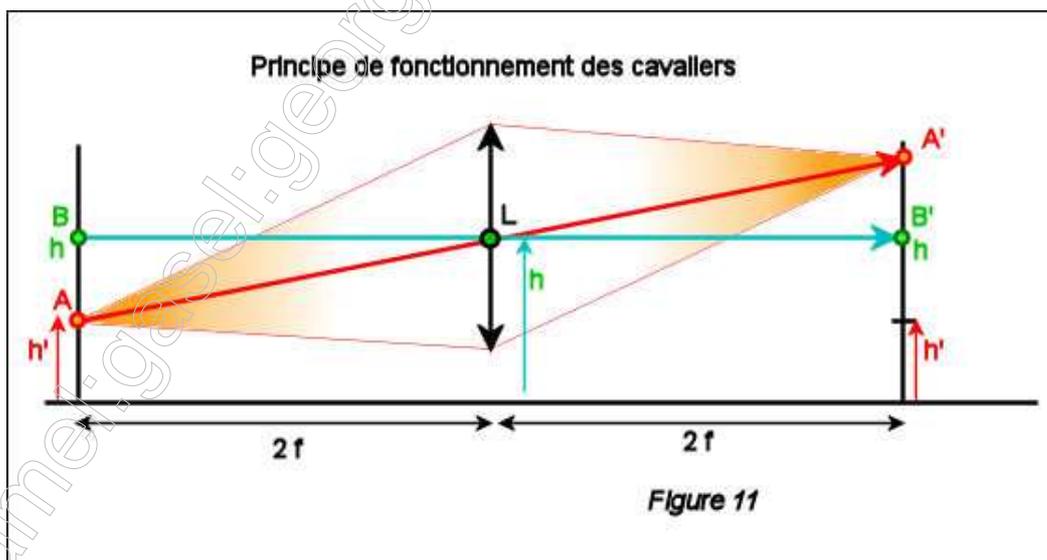
Cette ligne prolonge la ligne de foi principale. Le plateau est fixé en son milieu, marques de ligne **Xx** en coïncidence précise. Les pieds de la ligne **Yy** permettent de tracer la ligne de foi secondaire sur la surface de référence : la valeur de l'angle que font entre elles **Xx** et **Yy** n'est pas critique mais en revanche il est primordial que les deux tracés, l'un sur le plateau, l'autre

sur la surface de travail, soient rigoureusement l'image l'un de l'autre (longueur de  $Yy$  environ  $3f$ ).

On réalise par ailleurs deux cavaliers, l'un actif, l'autre passif, outils indispensables à l'ajustement optique de l'appareil (figure 10).



Ils sont constitués d'un écran portant deux axes dont l'un est à la même hauteur  $h$  du plan de travail que le centre de la lentille. Le pied de l'axe vertical sera mis en coïncidence avec l'une ou l'autre des lignes de foi. Au croisement des deux axes le cavalier actif présente une ouverture de 5 mm de diamètre dans laquelle est insérée une diode LED affleurant la surface de l'écran. Deux axes secondaires  $ab$  et  $bc$  sont de plus tracés sur ce cavalier à 7 ou 8 mm des axes principaux. Il est conseillé, en vue de faciliter le calibrage ultérieur du système, de retenir à la construction une hauteur  $h'$  légèrement inférieure (de 1 à 2 mm) à la hauteur  $h$ . Le principe d'emploi des cavaliers est donné par la figure 11 (les dimensions ne sont pas à l'échelle).



Les cavaliers sont situés de part et d'autre de la lentille à régler, à une distance égale au double de la focale  $f$ . La lentille intercepte par toute sa surface le faisceau lumineux émis par la diode  $A$  et en donne en  $A'$  une image inversée de même grandeur ;  $h'$  étant inférieure à  $h$

**A'** est au-dessus du point de référence du cavalier et en est distant du double de la différence des hauteurs. **La droite AA' passe par le centre optique de la lentille.** On règle par tâtonnement le système en surélevant de façon égale chacun des cavaliers, par exemple en collant sous leur base des couches de bristol successives, jusqu'à obtenir la coïncidence de l'image **B'** de la LED (maintenant en **B**) avec la croisée des axes. Les deux cavaliers sont alors réglés à l'exacte valeur de **h** (sans qu'il soit nécessaire de mesurer cette valeur).

*Première remarque :* l'image de la LED est un cercle très net (5 mm de diamètre) que l'on doit pouvoir centrer à moins de 1/2 mm près sur la croisée des axes. Ceci correspond à une précision sur la position de la droite **BB'**, « axe des centres », meilleure que le 1/20 de degré.<sup>3</sup>

*Deuxième remarque :* ce dispositif ressemble à celui qui emploie un rayon laser, mais en apparence seulement. Il en diffère fondamentalement par la non matérialisation de l'axe passant par le centre de la lentille, la définition de ce dernier, implicite et très précise, résulte des positions de l'objet et de son image, sans qu'il soit besoin de repérer physiquement le centre de l'optique. *C'est la lentille qui prend en charge la détermination de sa propre position...*

### **Mise en place des supports de platine**

On solidarise de façon provisoire (scotch, élastiques...) les platines et leur support (après fixation de ces derniers les platines devront avoir, en vue du réglage suivant, un léger degré de liberté en rotation et en inclinaison). Plateau et cavaliers en place sur la ligne de foi principale on dispose le support de la lentille d'entrée sur le plateau de telle façon que la platine soit en contact par sa face avant avec la pointe **1** et que l'image de la LED soit bien centrée sur le cavalier passif. On fixe définitivement le support dans cette position, puis on répète l'opération pour la lentille de sortie en faisant pivoter le plateau et donc en utilisant pour ce réglage la ligne de foi principale.

Cette double opération centre avec précision les lentilles sur l'axe des centres, mais n'assure pas la concordance avec cet axe de leurs axes optiques (Cf annexe 1, fig. 5). C'est le but du réglage suivant.

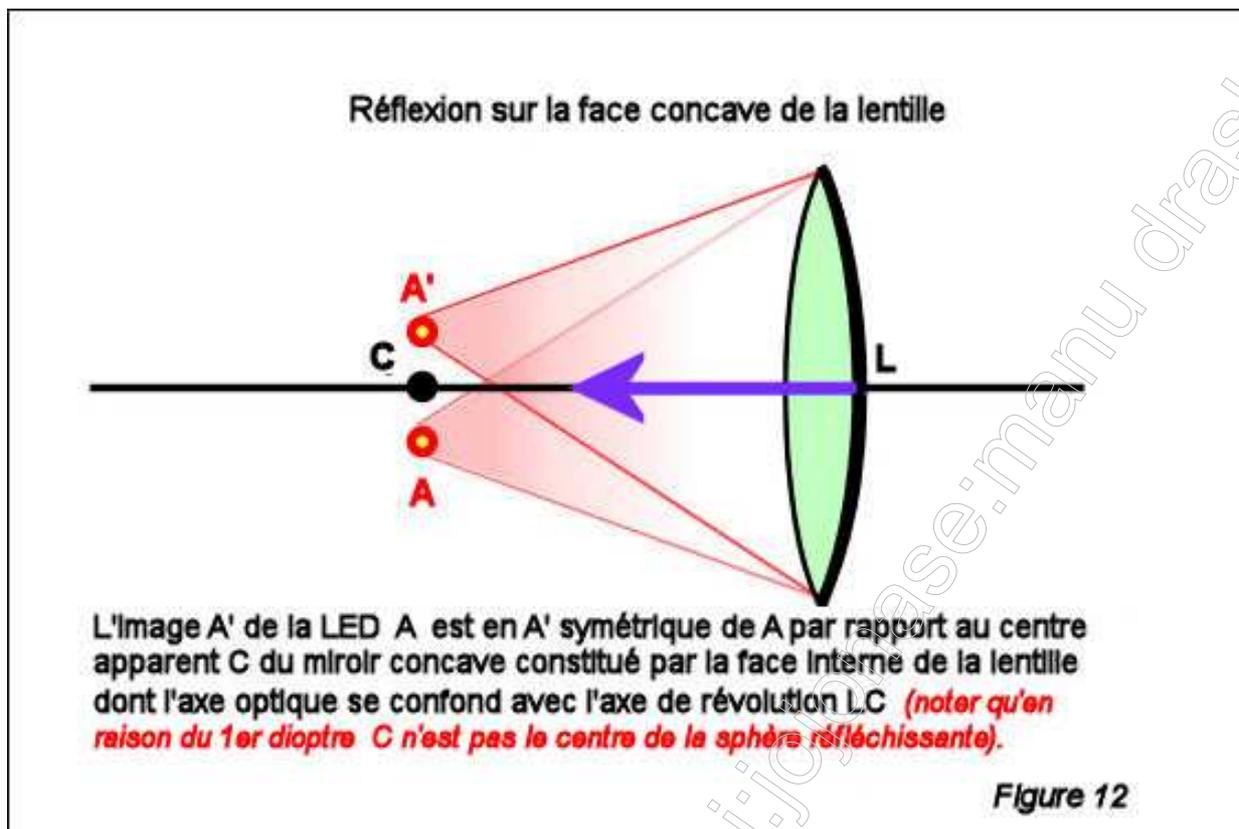
### **Ajustement des axes optiques**

On utilise ici la réflexion parasite sur le 2<sup>ème</sup> dioptré de la lentille fonctionnant en miroir concave (figure 12). Cette réflexion s'observe d'autant plus facilement que la puissance de la LED est grande et que l'ambiance lumineuse générale est sombre.

On détermine dans un premier temps la distance aussi exacte que possible qui sépare le centre optique apparent du miroir concave de la lentille en plaçant le cavalier actif directement devant cette dernière. Cette distance est généralement légèrement inférieure à une dizaine de cm. L'image de la LED, très proche du centre apparent **C**, est toujours un cercle lumineux aux bords nets mais de dimension réduite.

---

<sup>3</sup> A 80 cm (4 f pour 5 dioptries) la précision relative est de 1/1600 ; or 1/1000 (radian) = 1/20 (degré).



On peut alors procéder à la fixation définitive de la lentille, par exemple en utilisant une colle à prise rapide (du type « Résiste à tout », fixation définitive assurée en moins de 10 minutes). Cavalier en place sur la ligne de foi, platine en contact avec la pointe 1, on règle sa position pour que l'image de la LED se place au point a du cavalier. La lentille est alors bien en direction mais pointée en inclinaison vers le haut. En la maintenant rigoureusement en place, on fait glisser légèrement le cavalier perpendiculairement à la ligne de foi pour amener le spot en b (si l'axe auxiliaire est à 8 mm de l'axe principal ce déplacement sera de 4 mm). On abaisse alors le spot en c en inclinant la lentille qui est alors à son poste définitif. On opère de même pour l'autre lentille.

### ***Mise en place du miroir***

Le plateau sur la surface de travail, on place les deux cavaliers en face de chaque lentille sur la ligne de foi correspondante mais cette fois-ci à la distance d'une focale  $f$ . On met en position le miroir et tout en l'appuyant sur la pointe 2 on l'oriente avec son support en direction et en inclinaison pour que l'image de la LED soit à la croisée des axes du cavalier passif. Quand sa position est définitivement assurée on le fixe en plaçant à ses 4 coins une goutte de gel silicone.

### ***Montage du plateau***

Le plateau est définitivement monté sur un socle muni d'un système de réglage en hauteur sur 3 points. Il est commode d'en placer 2 sur une ligne parallèle à l'axe de projection (axe des centres) et le 3<sup>ème</sup> sur la médiatrice du segment défini par les deux premiers (points 1,2 et 3).

***La réalisation de l'instrument ne demande pas un relevé de mesures exactes. Les seuls instruments de précision nécessaires sont la règle plate et le stylo à pointe fine.***

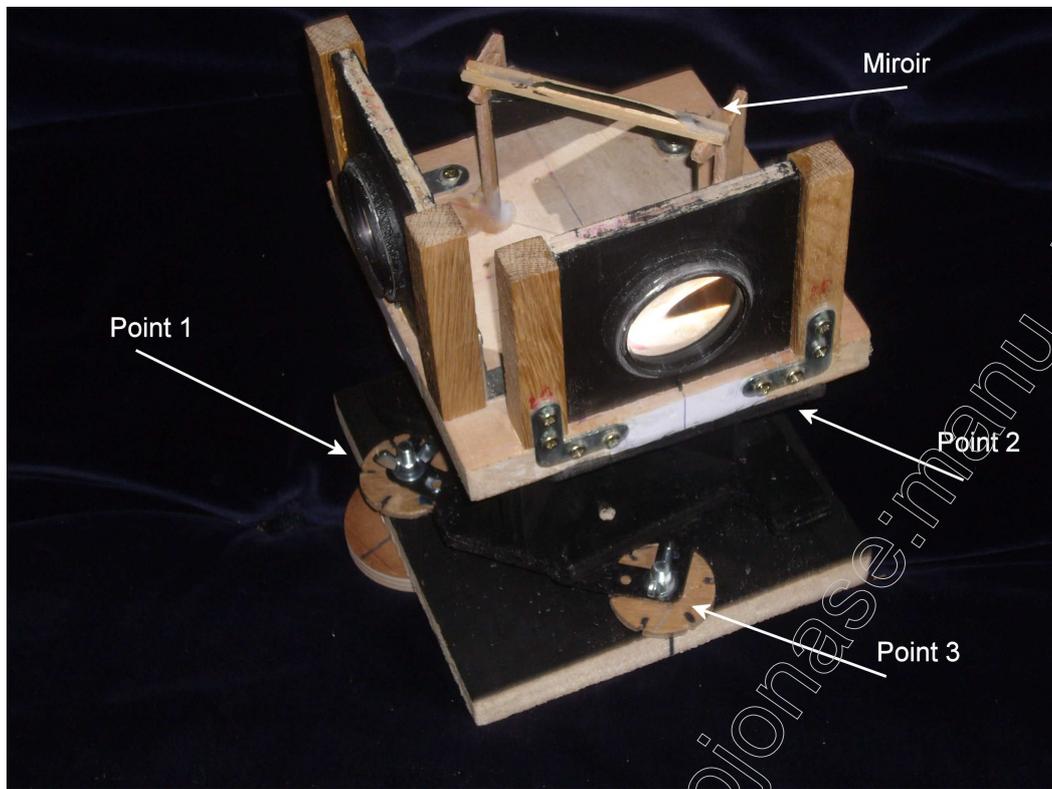


Figure 13

### *Mise en place du plateau de transfert*

La mise en place est faite de la façon présentée précédemment dans le corps du tutoriel. Le plateau étant ici utilisé « à ciel ouvert » (la protection du miroir, élément fragile, est assurée par un capot amovible) des mires de centrage ont été dessinées sur ordinateur et imprimées sur rhodoïd pour rétroprojecteur afin de pouvoir être glissées derrière chacune des lentilles.

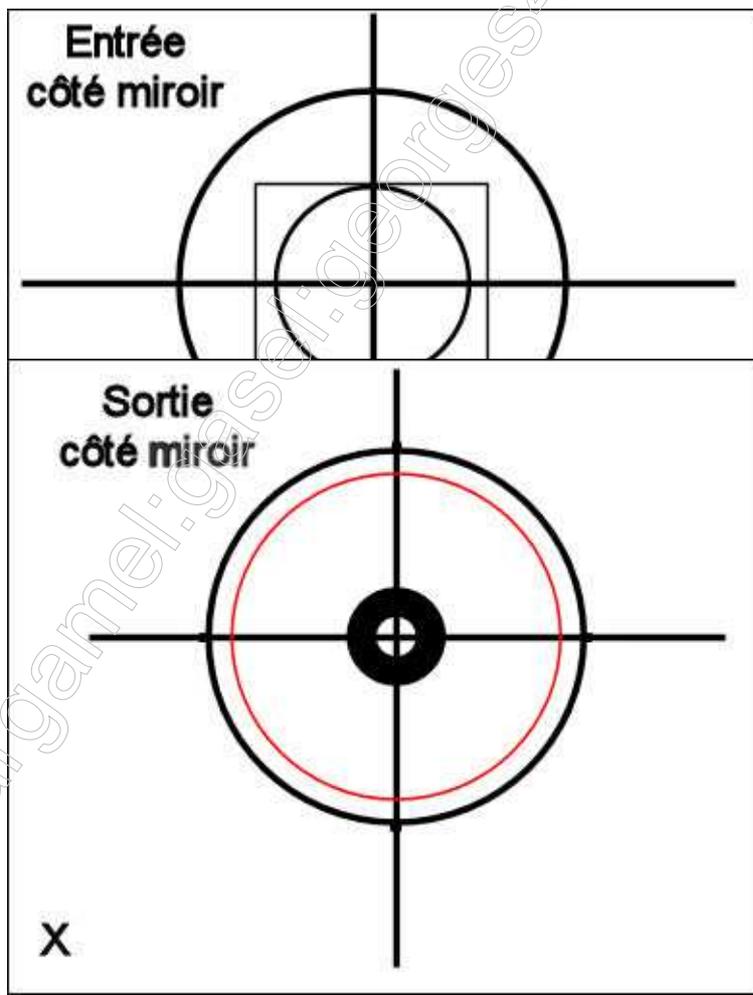


Figure 14

Mire d'entrée.

Figure 15

Mire de sortie.

### **Dégrossissage**

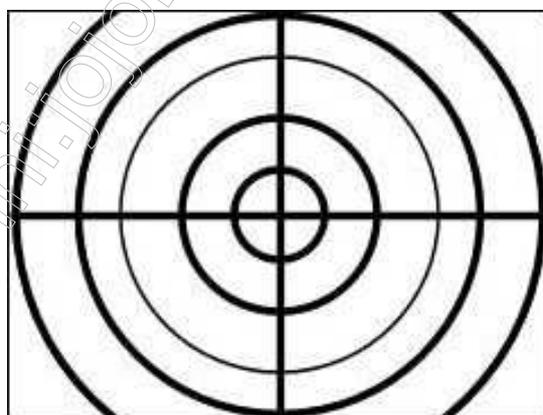
En s'aidant de papier calque glissé alternativement entre chaque lentille et sa mire on agit sur les points de réglage **1** et **2** de façon que le faisceau lumineux soit correctement centré tant à la sortie qu'à l'entrée. Le point **3** permet de régler l'inclinaison des bords du cadre de l'image.

### **Réglage fin**

En plaçant l'œil sur l'axe lumineux et à une distance suffisante de la lentille de sortie on constate que le faisceau s'inscrit dans un trou circulaire qui le limite. Ce cercle est l'image de l'iris de l'objectif, derrière lequel se profile l'image du cadre image (généralement il n'y a pas d'iris spécialement placé à l'intérieur de l'objectif, sa lentille d'entrée en jouant le rôle). On place l'œil à la distance permettant l'encadrement par ce cercle du cercle épais figurant sur la mire d'entrée. On recherche la superposition exacte par réglage des points **1** et **2**, tout en vérifiant que le cadre est toujours bien en place (en approchant l'œil de façon à le voir en entier).

### **Mise en place du caméscope**

La figure 16 ci-contre représente un calque rhodoïd taillé aux dimensions de l'écran de visée du caméscope. On place alors ce dernier de façon que toutes les images soient centrées sur cet écran.



## Tachymétrie par caméscope

Pour éliminer le battement lumineux provenant des différences de fréquence image ciné et vidéo il peut être nécessaire d'avoir soit une mesure précise de la vitesse du projecteur, soit une visualisation efficace du phénomène. Je propose une méthode utilisant à cet effet le caméscope lui-même. Cette méthode :

- est gratuite, simple, pratique et rapide ;
- s'applique sur le banc dans les conditions normales du transfert - projecteur allumé et en marche, film en projection ;
- elle est précise et d'autant plus exacte qu'elle utilise la base de temps du caméscope ;
- elle ne nécessite aucun accessoire supplémentaire.

Son principe découle de la nature même du battement, modulation de la luminosité résultant directement de la modulation des temps de charge réels du capteur.

Si  $T$  est la période trame et  $f$  la fréquence trame,  $T = 1/f = 1/50$  s : c'est le créneau de charge vidéo. Soit  $T'$  la période ciné comparable définie comme le temps de passage de 2 pales successives. Cette période comporte 2 phases (obscur et éclairée) à peu près égales.

Le projecteur à 3 pales tournant à la vitesse  $v$  (i/s), on a  $T' = 1/3v$ , que l'on peut aussi écrire :  $T' = 1/f' = 1/(f+n)$ . Par exemple, à 18 i/s,  $T' = 1/54$  s avec  $n = 4$ .

Cette différence des périodes  $T$  et  $T'$  induit une différence des temps de charge réels suivant que le créneau trame *début pendant la 1/2 phase obscure* ou *pendant la 1/2 phase éclairée* (voir graphes page suivante). Il en résulte une modulation rectangulaire du temps de charge moyen par trame, dont la fréquence est  $n = f' - f$ , et l'amplitude  $T - T'$  (noter que ces données ne dépendent que des vitesses et pas de la largeur des pales).

Si on règle l'obturateur du caméscope sur une vitesse plus élevée, la charge du capteur ne commence plus au début du créneau mais *en fin de créneau*. Par exemple, au 1/250, 4 ms avant le changement de trame. La charge du capteur ne se produit alors que pendant les séquences telles que la période trame *se termine pendant la 1/2 phase éclairée*. On n'a plus de modulation de luminosité, mais une interruption totale de l'image, *à la même fréquence n*. D'où la méthode :

- \* Le matériel de transfert étant en place sur le banc et ayant tourné suffisamment pour que la température d'équilibre soit atteinte, on place une cassette (ou tout autre moyen d'enregistrement) dans le caméscope, disposé en pause d'enregistrement, vitesse supérieure au 1/100, grande ouverture en manuel;
- \* on met le projecteur en route, et dès que la fréquence des occultations paraît stabilisée on lance l'enregistrement, pour une dizaine de secondes;
- \* on visionne l'enregistrement à vitesse lente pour compter les occultations entre 2 time-codes et en déduire le nombre par seconde  $n$  ;
- \* on fait  $f' = 50+n$  et la vitesse du projecteur est  $v = 1/(50+n)$

Exemple : on compte 31 occultations entre 00 00 07 12 et 00 00 14 03

Les 2 derniers chiffres étant des images, on les multiplie par 4 pour avoir les 1/100 de s.

Le temps écoulé est donc  $14,12 - 7,48 = 6,64$  s.

$n$  est  $31 : 6,64 = 4,67$  et la vitesse du projecteur au 1/50 est  $54,67 : 3 = 18,22$  i/s

A 24 i/s, 2 pales, le procédé est exactement le même; la formule à appliquer étant  $v = 1/(50 - n)$ .

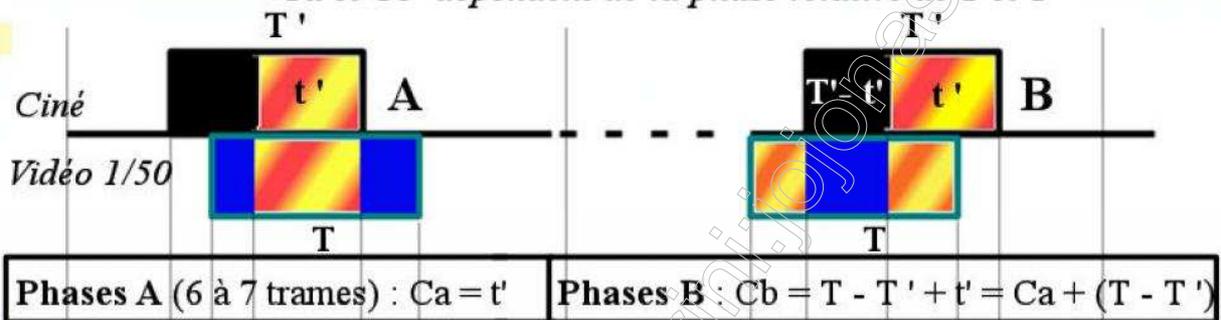
Noter que cette valeur  $1/(50 +$  ou  $- n)$  est la valeur de vitesse à afficher lorsqu'on utilise la méthode *Clearscan* - suppression des battements par réglage de la vitesse du caméscope sans toucher à celle du projecteur.

## 1. Définitions

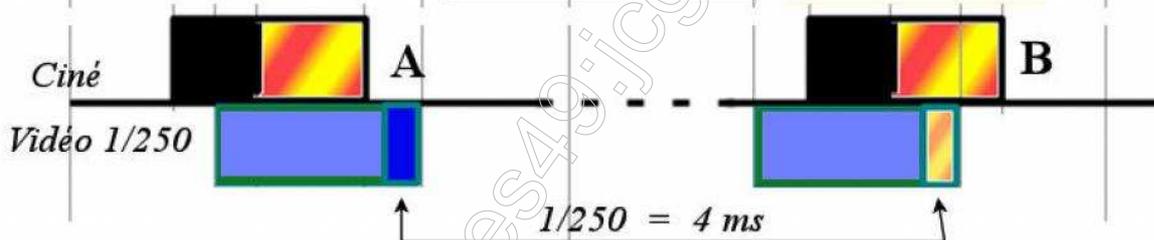
- Vidéo** Période  $T$  : créneau de charge CCD ;  $T = 1/f = 1/50 \text{ s} = 20 \text{ ms}$   
 Fréquence trames  $f = \text{fréquence image} \times 2 = 50 \text{ Hz}$   
 Temps de charge  $C$  : temps effectif de charge ; au  $1/50$   $C = T = 20 \text{ ms}$   
 Luminosité des images  $L$ , proportionnelle à  $C$  :  $L = k.C$
- Ciné** Période  $T'$  : temps séparant 2 passages de pales, somme des temps d'éclairement  $t'$  et d'occultation  $T' - t'$  ;  $T' = 1/f' = 1/(f + n)$   
 Fréquence de découpage  $f'$  : nombre de périodes  $T'$  par s., égale à 3 fois la vitesse du projecteur en i/s ;  $f' = f + n$  ; à 18 i/s  $n = 4$  ; le projecteur rattrape une trame 4 fois par s,  $T$  et  $T'$  retrouvant donc leur phase relative initiale toutes les 0,25 s. (12,5 trames).

## 2. Temps de charge réels

*Ca et Cb dépendent de la phase relative de T et T'*



$$C_b - C_a = T - T'$$



## 3. Modulations de luminosité

