

La règle de Scheimpflug : un simple tracé de rayons pour lycéens ?

Emmanuel Bigler

27 novembre 2019

Résumé

On se propose de montrer ici comment la règle de SCHEIMPFLUG peut être retrouvée par un tracé de rayons élémentaire à la base de la construction des images formées par une lentille mince convergente.

Introduction

Dans les manuels de photographie traitant des chambres grand format, la règle de SCHEIMPFLUG est presque toujours énoncée sans justification alors que les tracés de rayons permettant de déterminer la position et la grandeur de l'image d'un objet sont toujours présentés, parfois en détail. Il est vrai que s'il fallait avoir lu avec soin ce qui est expliqué dans le brevet original de M. SCHEIMPFLUG [1] pour en tirer parti, il serait bien improbable de pouvoir appliquer dans la pratique cette règle d'usage courant en prise de vue à la chambre. Bien qu'il existe des présentations géométriques élégantes mais très mathématiques de la « règle des trois plans » (voir en particulier Bob WHEELER [2] et Q.-Tuan LUONG [3], [4]) il m'a semblé qu'un élève de lycée des années 1960 en France (les programmes ont changé depuis), à l'époque où on enseignait l'optique géométrique en classe de première, montrerait sans difficulté comment l'image d'un objet incliné par rapport à l'axe optique d'une lentille se forme dans un autre plan incliné, ces deux plans se rencontrant dans le plan de la lentille. Pour cela il suffit de se mettre l'espace d'un instant à la place de cet élève et d'appliquer les « bonnes règles » du cours sans trop se poser de questions.

Retrouver la règle de Scheimpflug

Dans les classes élémentaires, l'un des premiers tracés de rayons que les élèves apprennent à faire c'est la construction de l'image $A'B'$ d'un objet lumineux AB formée par une lentille mince convergente de distance focale f . On prend toujours pour commencer cet objet perpendiculaire à l'axe optique. Pour cela les règles à appliquer sont les suivantes : (voir la figure 1)

1. tout rayon incident parallèle à l'axe tel que BH , passe par le foyer-image F' en sortie selon le trajet $HF'B'$,
2. tout rayon incident qui passe par le centre de la lentille, tel que BO , ressort sans être dévié suivant le trajet OB' ,
3. tous les rayons émis par un point-objet A se croisent au point image A' , de même pour B et B' ,

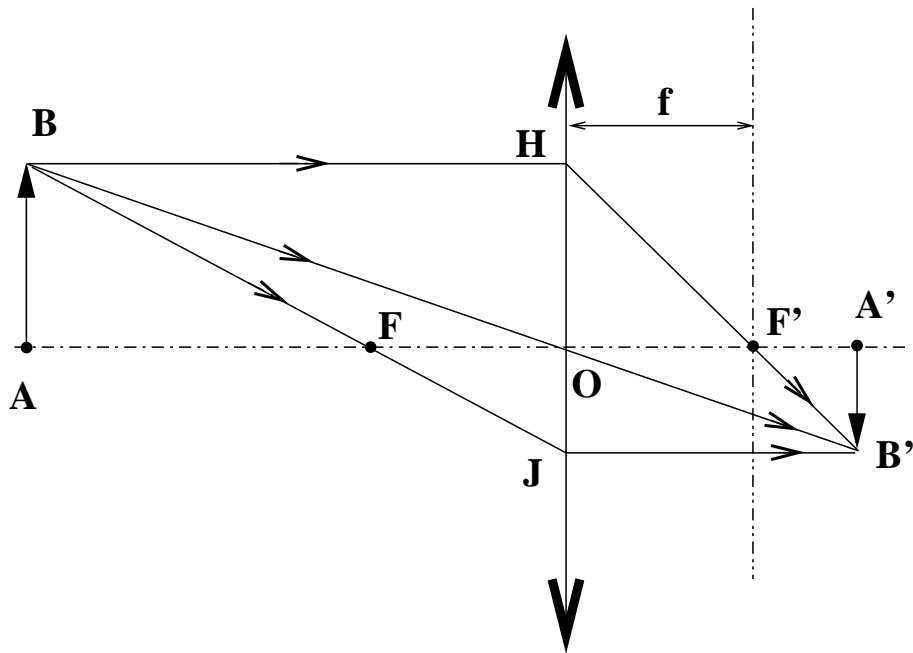


FIGURE 1 – Les règles classiques de construction d'une image par tracé de rayons

4. si AB est perpendiculaire à l'axe, son image $A'B'$ l'est aussi.

Curieusement les professeurs ne proposent jamais de trouver où se forme l'image d'un objet « incliné » tel que CD (figure 2). Pourtant à partir des règles précédentes on trace facilement CIC' (règle 1.) et COC' (règle 2.), puis DKD' et DOD' . Jusque là rien d'extraordinaire mais on ne voit pas du tout la relation qui peut exister entre les plans BCD et $B'C'D'$.

Il y a pourtant une autre règle que les professeurs énoncent toujours :

règle n°5 : dans tous les tracés de l'optique géométrique, on peut dilater l'échelle verticale à volonté sans que cela ne change en rien les règles de base, comme si la lentille était illimitée dans la direction perpendiculaire à son axe.

Un élève discipliné tracera donc sans se poser de questions les rayons BLB' , puis BMB' , puis BSB' et même BNB' en conformité totale avec toutes les bonnes règles, car tous ces rayons issus de l'objet B devront se croiser en B' .

Il suffit donc de dire la chose suivante.

Oublions que la lentille est limitée (règle n°5) et considérons un rayon lumineux tel que $BCDS$; il doit donc nécessairement repasser après la lentille sur toutes les images B' , C' et D' de tous les points lumineux B , C , et D conformément à la règle n°3, avec comme cas particulier que S est confondu avec son image.

On en déduit donc que l'image d'un plan incliné $BCDS$ est le plan incliné $SB'C'D'$, c'est à dire rien d'autre que la règle de SCHEIMPFLUG [1].

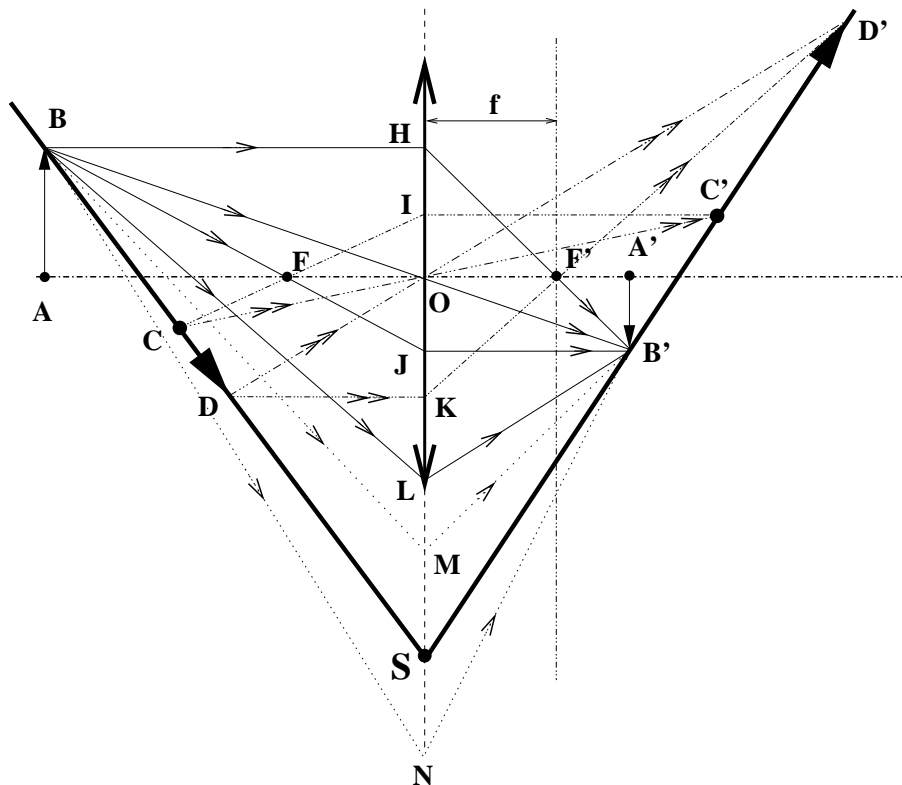


FIGURE 2 – La règle de SCHEIMPFLUG comme conséquence d'un tracé de rayons élémentaire.

Remarques finales

- Une première difficulté vient de ce qu'en pratique le diaphragme limite la lentille ou l'objectif à un diamètre tellement petit qu'il semble absurde de vouloir considérer un « rayon imaginaire » tel que $BCDSB'$. Pourtant, lorsqu'à partir d'un diaphragme très fermé (rayons voisins de BOB') on ouvre progressivement pour permettre à des rayons tels que BLB' de passer, on ne fait rien d'autre qu'obéir aux règles de base qu'il suffit d'extrapoler selon la règle n°5 jusqu'au « rayon imaginaire » $BCDSB'$.
- Une deuxième difficulté provient de ce qu'un objectif photographique est toujours un système optique épais et non pas une lentille mince. En fait il suffit de « découper » la figure 2 avec des ciseaux suivant le plan de la lentille HON et d'écarter les deux moitiés du dessin parallèlement à l'axe optique d'une distance HH' (positive pour un grand angle « rétrofocus » ou même négative pour un télé-objectif) égale à celle qui sépare les plans principaux HH' (ou les plans nodaux, ce qui est la même chose dans l'air). L'écart entre plans principaux dans une optique photographique ne dépasse jamais quelques centimètres. On voit qu'en pratique cela ne changera rien ou presque à l'application de la « règle des trois plans ». Simplement les plans $BCDS$ et $SB'C'D'$ se couperont quelque part entre les plans principaux.
- Une dernière difficulté consiste dans le fait que nous n'avons considéré dans cette dérivation que des rayons qui se propagent dans « le plan du tableau » c'est à dire un plan qui contient l'axe optique (on appelle ces rayons : les rayons *méridiens*). Qu'en est-il si on considère un *plan-objet* en trois dimensions ? Là encore, un simple tracé de rayons (fig.3) nous donne la solution. Considérons une famille de rayons parallèles qui

se propagent suivant les lignes d'une grille rectangulaire tracée dans le plan-objet incliné, tous ces rayons étant parallèles au rayon $BCDS$. En appliquant une autre règle de base de l'optique géométrique, selon laquelle des rayons incidents parallèles entre eux se croisent en un seul point après traversée de la lentille, ce point de focalisation E' étant situé *dans le plan focal*, on voit facilement que le lieu de ces rayons émergents pour une optique réglée suivant la règle de SCHEIMPFLUG est effectivement *un autre plan incliné* dans l'espace. Ce plan-image incliné coupe le « plan du tableau » (figure 2) selon le *rayon méridien SB'* .

Une conséquence intéressante de ce tracé de rayons dans l'espace est de montrer très simplement comment l'image d'une grille-objet parfaitement rectangulaire tracée dans le plan-objet incliné sera dans le cas général rendue *distordue* dans le plan-image incliné sous la forme d'une grille *trapézoïdale*, et ceci indépendamment de la netteté point par point qui elle est parfaitement conservée lorsque la règle de SCHEIMPFLUG est respectée.

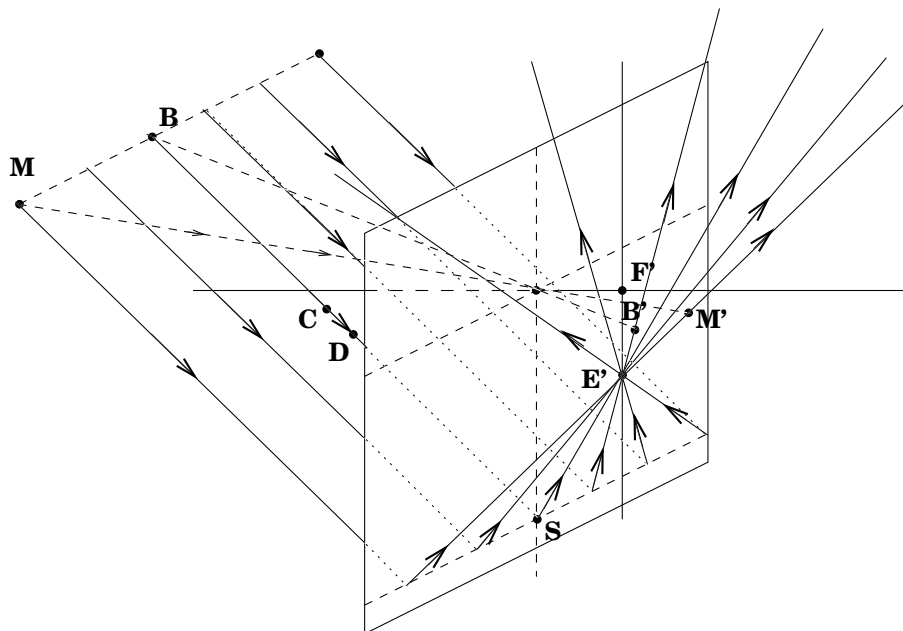
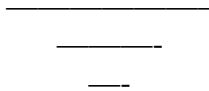


FIGURE 3 – Tracé de rayons dans l'espace pour les plans conjugués au sens de la règle de SCHEIMPFLUG

Sources et Références

- [1] Brevet britannique de Theodor Scheimpflug, en 1904,
<http://www.trenholm.org/hmmerk/TSBP.pdf>
- [2] Bob WHEELER, "Notes on view camera",
<https://www.cs.cmu.edu/~ILIM/courses/vision-sensors/readings/ViewCam.pdf>
- [3] Q.-Tuan LUONG, sur ce site,
http://www.galerie-photo.com/mise_au_point_a_la_chambre.html
- [4] Q.-Tuan LUONG, <http://www.largeformatphotography.info/scheimpflug.jpeg>



Voir les autres articles sur <http://www.galerie-photo.com>

Des questions ?

— Envoyez à l'auteur un courrier électronique :

<http://bigler.blog.free.fr/public/images/signature-eb-forums.jpg>

— Posez une question sur le forum de [galerie-photo.info](http://www.galerie-photo.info) :

<http://www.galerie-photo.info/forumgp>

Emmanuel Bigler 27 novembre 2019