

$$\text{Distance de l'image} = \frac{\text{Distance de l'objet} \times \text{Distance focale}}{\text{Distance de l'objet} - \text{Distance focale}}$$

D'après cette formule, et pour un objet éloigné de 2,751 m (= 2.751 mm), il en résulte par exemple une distance de l'image de 137,55 mm si la distance focale de l'objectif est de 131 mm.

Tu comprendras maintenant bien clairement pourquoi tu dois faire sortir sensiblement l'objectif, si tu veux obtenir une image nette d'objets proches de l'objectif.

77. L'objectif fait office de télescope.

Si tu diriges l'objectif sur un objet et que tu en règles l'image aérienne avec précision, il t'est possible de calculer la distance de l'objectif à l'objet (donc la distance de l'objet), à condition que tu connaisses la distance focale de l'objectif et la distance entre objectif et image aérienne (donc la distance de l'image que tu viens de régler). Ici, c'est la formule suivante qui entre en ligne :

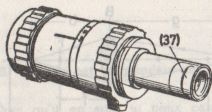
$$\text{Distance de l'objet} = \frac{\text{Distance de l'image} \times \text{Distance focale}}{\text{Distance de l'image} - \text{Distance focale}}$$

Il est certainement préférable de disposer tout de suite sur l'objectif une échelle graduée étalonnée en mètres.

A cet effet, il a été prévu une bande imprimée référencée e au tableau des découpages. Tu pourras la coller sur le bord étagé de la pièce de raccordement universelle. Il sera préférable que tu tournes tout d'abord l'objectif dans la pièce de raccordement universelle de manière telle que les traits de lecture se situent à droite et à gauche pour la position de départ et la position finale, par conséquent un peu en dessus ou en dessous lorsque l'objectif est à moitié dehors (c'est en bas que la pièce de raccordement universelle porte un petit bec avec trou fileté pour le boulon du support). Ceci fait, procède au réglage précis d'un objet le plus éloigné possible, puis colle la bande découpée e de telle façon que le trait au-dessus de la marque « infini » indexe — dans cette position — sur le repère de lecture du haut. Les autres chiffres 10, 5 et 3 sont des données en mètres sur lesquelles tu peux porter toi-même les traits exacts de repérage.

Tu peux te faciliter énormément l'étalonnage de ton télescope en le fixant sur le dossier d'une chaise, et pour cela tu utiliseras le support 42 tel que décrit à la fin du chapitre 103.

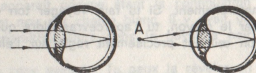
Il t'est facile de disposer la chaise à bonne distance d'un journal que tu auras pendu à une porte, par exemple. Les distances de 10, 5 et 3 m sont toujours utilisables dans ce cas pour régler la distance du journal jusqu'à la partie avant de la lentille achromatique. L'image pourra être ajustée avec une bien meilleure précision, si tu l'observes à travers une loupe (voir chapitre 85) et si tu tiens un gros obturateur I devant l'objectif (pièce 56 avec trou de 12 mm).



78. Une lentille individuelle à distance focale variable

qu'aucun fabricant n'a pu construire à ce jour. Et pourtant chaque être humain possède deux de ces lentilles individuelles, à savoir une dans chacun de ses yeux.

A gauche du croquis ci-contre, tu vois comment des rayons lumineux tombant parallèlement — et déviés (défléchis) par la lentille de l'œil — se rencontrent sur le fond de l'œil en un point nettement marqué.

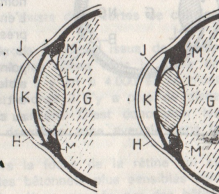


A côté à droite, tu peux voir un œil dont la lentille est plus épaisse et la surface de cour-

bure plus accentuée que celle de l'œil du croquis de gauche. C'est du fait que sa distance focale est si courte que des rayons partant du point A proximité A se réunissent sur le fond de l'œil en un point précis. Si la lentille de l'œil de droite était aussi plate que celle de l'œil de gauche, ces rayons ne pourraient alors se rencontrer qu'à une distance qui serait plus grande que l'écart du fond de l'œil (chapitre 76).

Le croquis suivant te montre, à une échelle agrandie, la lentille d'oculaire L en position plate de repos (à gauche) et en « réglage rapproché » en position de tension (à droite).

Remarque les muscles M qui, par des nerfs entrecroisés, peuvent exercer une traction sur le bord de la lentille, ce qui provoque une déformation de la lentille et raccourcit sa distance focale. Naturellement, ces muscles ne sont pas seulement disposés en haut et en bas, comme on le voit sur le croquis en coupe de l'œil ; au contraire, ils entourent la lentille entière de l'œil en forme d'un anneau musculaire.



Le réglage rapproché ou de rapprochement de la lentille oculaire (le professionnel dit accommodation à des objets proches) fatigue plus les yeux que l'observation d'objets lointains, car pour la vision proche les muscles des lentilles sont sollicités par la tension.

Mais sur le croquis tu peux voir encore plus. Tu remarqueras que les lentilles oculaires ne se trouvent pas sur la face extérieure de l'œil, mais en arrière vers l'intérieur. En direction de l'extérieur vers l'intérieur il y a tout d'abord la cornée transparente H. Derrière est logé un liquide transparent que l'on nomme humeur aqueuse ou sas aqueux K. Ce liquide baigne la face avant de la lentille oculaire L proprement dite et son système de suspension. La face arrière de la lentille repose sur un renforcement concave du corps vitré aqueux G qui, lui, remplit les autres parties de l'œil connues sous le nom de globe oculaire.

Devant la lentille L tu peux encore voir l'iris J. Il agit comme un diaphragme (obturateur) à ouverture d'orifice variable. On nomme pupille son trou de libre entrée de la lumière.

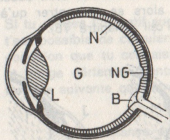
L'iris fonctionne pour ainsi dire automatiquement : plus la lumière incidente est forte, plus il se ferme. Le diamètre d'ouverture de la pupille varie d'environ 7 - 8 mm (sombre) à 1,5 - 2 mm (lumière vive).

Tu peux observer toi-même la mobilité de l'orifice pupillaire, si tu te places tout d'abord dans un coin sombre à la lumière crépusculaire et regardes dans le miroir. Fais tomber ensuite une lumière claire sur ton visage, tu pourras constater alors dans le miroir que tes pupilles sont devenues plus petites.

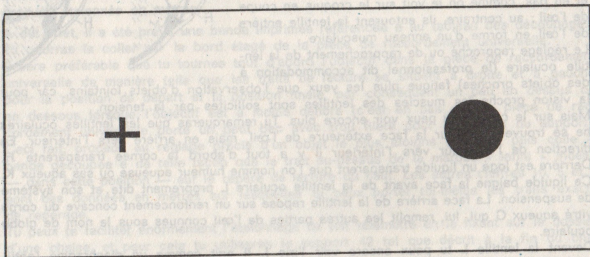
Tu peux également faire un essai de l'« accommodation » de la lentille oculaire :

tiens un crayon à environ 25 cm devant ton œil droit, alors que tu fermes l'œil gauche. Place-toi de telle manière que, derrière le crayon, se trouve un tableau pendu plus en arrière à une paroi. Maintenant regarde fixement la pointe du crayon. Tu la vois nettement bien pointue. Ensuite, et juste à côté de la pointe du crayon, jette un regard sur un point visible du tableau pendu au mur à l'arrière, tout cela sans modifier ta position naturellement. Si tu fais voyager ton œil sur le tableau sur un point qui est masqué par le crayon, tu l'apercevras alors que le crayon est tout émoussé et flou : c'est que ton œil est précisément réglé sur l'éloignement du tableau.

79. La nuit, tous les chats sont gris.



Le croquis ci-contre te montre la coupe d'un œil droit vu d'en haut. Tu vois le trait bien marqué qui indique que le fond de l'œil est recouvert d'une peau N dite rétine d'un demi-millimètre d'épaisseur environ et dont la surface porte un grand nombre de cellules ultra-sensibles à la lumière. L'endroit de la rétine faisant exactement face à la pupille présente une dépression plane appelée fosse (ou cavité) de la rétine. C'est là que se trouve le centre de la vision. Au point désigné par B, par contre, les cellules visuelles sensibles à la lumière sont complètement absentes, car c'est de cet endroit que part le cordon du nerf optique aboutissant au cerveau.



En voyant le croquis ci-dessus tu t'es certainement demandé, surpris, ce que pouvait bien être cette mystérieuse image : une croix et un gros point noir, qui sont solennellement enfermés dans le même cadre.

Tu vas voir immédiatement ce qu'il en est. Ferme donc ton œil gauche et, de l'œil droit, dirige ton regard sur le milieu de la croix, le plus possible d'en haut et à environ 40 cm de distance. Si tu approches lentement ton œil de la croix, que tu dois continuer à regarder fixement, tout à coup la tache noire disparaît alors que le bord de l'image reste pourtant visible. Comment cela est-il possible ?

Si tu te reportes au croquis précédent tout deviendra clair : Lorsqu'un faisceau de rayons frappe ton œil droit par l'avant à droite, il peut se faire que ces rayons se

concentrent précisément à ce point de l'œil d'où les cellules visuelles sont complètement absentes parce que c'est de là que part le nerf optique. Comme rappelé plus haut, ce point est désigné par B en haut sur la première image en coupe de l'œil. Par conséquent, B représente une zone aveugle de l'œil. Des fractions d'image touchant cette zone aveugle restent donc invisibles. Et il est remarquable que l'image ne soit pas interrompue à cet endroit, au contraire elle apparaît comme étant la continuation des choses environnantes. Si, à la place d'un point noir sur champ blanc, il y avait un point blanc sur champ noir, la tache blanche disparaîtrait alors dans le paysage noir environnant.

Naturellement l'œil gauche comporte lui aussi une zone aveugle. Tu peux la révéler en posant le livre à l'envers devant toi.

Le soir, par ciel étoilé, il t'est également possible de faire un essai similaire. Si tu contemples une étoile de très faible luminosité, subitement elle a disparu. Mais, cette fois, au moment précis où tu la regardais très fixement. Et aussitôt que tu regardes sur le côté, la voilà qui réapparaît, exactement comme s'il y avait aussi une zone aveugle à l'endroit du centre de la vision, c'est-à-dire dans la fosse de la rétine. Et c'est bien en vérité le cas ! Mais alors, n'est-ce pas une contradiction qu'il y ait une zone aveugle justement au centre de la vision ?

Non, il n'y a là aucune contradiction ; car dans un œil il existe deux sortes de cellules visuelles : les cônes et les bâtonnets.

Les cônes sont moins sensibles à la lumière des rayons lumineux issus de faibles étoiles ; ils ne les captent même pas. Tout compte fait, les cônes dans la fosse de la rétine s'y trouvent à une densité particulièrement forte, il y en a 4.000 et ils n'ont que 0,0015 mm d'épaisseur environ ! En sorte qu'à cet endroit il n'y a plus de place pour les bâtonnets qui, eux, sont ultra-sensibles à la lumière. C'est donc pour les faibles perceptions lumineuses que l'œil possède une deuxième zone aveugle dans la fosse de la rétine.

Naturellement, tu désires connaître pourquoi c'est alors la fosse de la rétine qui se trouve être le siège du centre visuel. C'est simple : les bâtonnets plus sensibles sont beaucoup plus épais que les cônes. Telle section de la rétine occupée par des bâtonnets n'est à même de livrer que des images tout à fait grossières exemptes de détails. Si l'on doit voir des objets avec précision, comme cela doit être le cas dans la fosse de la rétine, alors les minces cônes conviennent bien mieux, justement parce qu'ils sont en plus forte densité. Des rayons lumineux de deux points voisins, situés très près l'un de l'autre, peuvent rencontrer deux cônes différents, alors que la surface des bâtonnets est grande à tel point que les rayons issus de deux sources trouveraient place l'un près de l'autre sur un seul bâtonnet, et, par voie de conséquence, ne pourraient être vus que sous forme d'un seul et unique élément.

Dans l'ambiance crépusculaire, les cônes ne travaillent pas et nous ne percevons que l'image captée par les épais petits bâtonnets.

Les cônes qui ont besoin d'une si forte intensité de lumière pour fonctionner convenablement comportent encore un avantage : ils nous rendent possible la perception visuelle des couleurs. Comment voyons-nous les couleurs, c'est là une des plus passionnantes questions sur lesquelles ont travaillé les naturalistes au cours des 150 dernières années. C'est seulement maintenant qu'on le sait, et cela grâce aux recherches du professeur Dr George Wald, qui, en 1967, a reçu le prix Nobel de médecine avec deux autres savants.

Il existe trois sortes différentes de cônes, dont une est sensible aux rayons bleus, la deuxième aux rayons verts, et la troisième aux rayons rouges. L'image couleur se forme donc dans notre œil à peu près comme à la télévision, chose que tu connais déjà depuis le chapitre 40.

Tu es maintenant à même de penser ce que peut être la « cécité » (la non-perception visuelle) des couleurs. Un « daltonien » ne possède que deux sortes de cônes ou bien une ou deux des sortes de cônes ne fonctionnent pas normalement. Ce que cela signifie pour la perception visuelle des synthèses de couleurs, tu le sais aussi depuis le chapitre 39.

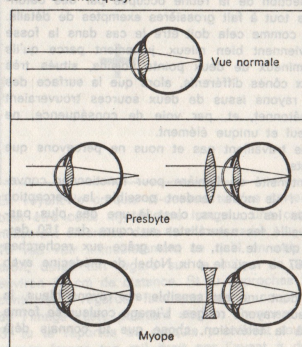
Les bâtonnets, par contre, réagissent principalement à la lumière bleuâtre. Vu qu'ils ne reproduisent pas les nuances de couleurs, nous voyons tout en gris bleuâtre à la lumière crépusculaire, et le dicton populaire : « La nuit tous les chats sont gris », trouve ici une explication scientifique.

Si tu songes que la rétine possède plus de 100 millions de bâtonnets et plus de 6 millions de cônes, tu comprendras alors qu'une caméra de télévision — que nous considérons comme un triomphe de la technique — n'est qu'un bien petit instrument en regard de l'œil humain.

Mais il n'en reste pas moins vrai que, de l'angle visuel d'un œil — qui est de 140° —, il n'y a que 7° à peu près qui peuvent servir pour l'observation et la lecture nettes et claires, par le fait que la densité des petits cônes s'amenuise rapidement à partir du centre de la rétine en direction de l'extérieur, de sorte que la lisière de la rétine n'est plus occupée que par des bâtonnets.

80. Les lunettes de grand-papa.

Certainement as-tu déjà cherché à vérifier si les verres des lunettes sont des lentilles convergentes ou des lentilles divergentes. Tu auras donc fait la remarque que les lunettes — celles qui ne sont portées que pour la lecture — ne comportent souvent que des lentilles convergentes à très faible courbure. La plupart du temps ce sont des personnes âgées qui utilisent cette sorte de lunettes de « Lecture optique ». Avec l'âge, en effet, la force des muscles oculaires se relâche et la contraction de la lentille s'amenuise. Ce qui fait que ce sont les choses très éloignées seulement qui peuvent être vues avec netteté, et l'on dit alors que l'œil est « presbyte » (**hypermétrope** en terme scientifique).



Pour les yeux presbytes la distance focale de la lentille oculaire est plus longue que l'écartement par rapport à la rétine. Naturellement, il y a aussi des personnes, dont le globe oculaire est trop court de naissance pour la distance focale de la lentille, ces personnes sont donc affligées de presbytie congénitale.

La presbytie peut se corriger par des lunettes dont les verres sont des lentilles convergentes. De telles lunettes dévient les rayons lumineux incidents de manière à ce que, dès leur arrivée devant l'œil, ils commencent à se concentrer. Une lentille convergente faisant office de lunette raccourcit par conséquent la distance focale de la lentille oculaire.

En lieu et place de la distance focale de la lentille, les opticiens indiquent un chiffre appelé la dioptrie (dpt en raccourci). Veux-tu savoir quelle est la distance focale d'un

verre de lunette, pour ce faire tu auras à diviser le chiffre 1 par les dioptries données et tu obtiendras la distance focale en mètres :

$$\frac{1}{\text{Dioptries}} = \text{Distance focale en mètres}$$

Ainsi par exemple un verre de lunette de 2 dpt a une distance focale de 1/2 mètre, soit 500 mm.

Naturellement il existe aussi des lunettes à lentilles divergentes. Elles sont utilisées pour des yeux myopes. Pour la myopie, la distance focale de la lentille oculaire est si courte que les rayons incidents (arrivant) se concentrent déjà devant la rétine sur un foyer à un point quelconque du corps vitré, ce que tu peux voir sur le croquis. Le globe oculaire est donc trop long ou bien la lentille oculaire est trop fortement cintrée.

Une lentille divergente faisant office de lunette a donc pour effet que les rayons commencent déjà à se disperser devant l'œil. Il en résulte une augmentation de la distance entre la lentille de l'œil et le point de l'image situé derrière la lentille. La lentille divergente faisant office de lunette prolonge par conséquent la distance focale de la lentille de l'œil. Que quelqu'un ait besoin de porter des lunettes, cela dépend de l'acuité de sa vision, par conséquent du degré de son acuité visuelle. Si, par exemple, l'image d'une ligne interrompue (discontinue) tombe sur la rétine dont l'orifice n'est qu'un peu plus large que le diamètre d'une seule cellule visuelle, dans ce cas l'orifice ne permet une bonne perception que si l'image est d'une grande netteté et exempte de flou.

On contrôle l'acuité visuelle sur des tableaux avec des traits comportant des interruptions (fentes) plus ou moins longues, et l'on dit qu'une personne possède une acuité visuelle normale de 1,0 si, d'une distance de 2 mètres elle peut encore percevoir une fente de 0,75 mm. Si elle ne peut percevoir qu'une fente double (1,5 mm), elle voit donc moitié moins bien et possède par conséquent une acuité visuelle de 0,5.

A la page 4 tu trouveras un tableau avec lequel tu pourras faire un essai d'acuité visuelle. Il faut, cela va de soi, vérifier chaque œil séparément et tenir l'autre œil fermé. Si tu peux reconnaître la position des fentes dans les cercles tu verras à la droite du tableau à quelle acuité visuelle cela correspond, étant entendu que tu dois regarder le tableau d'une distance de 2 mètres. L'acuité visuelle correspond à la ligne dont tu peux voir encore impeccablement les fentes dans les petits cercles.

L'œil humain n'est pourtant pas le meilleur œil qui existe. Les yeux des oiseaux ont une acuité visuelle sensiblement plus forte encore. Ainsi, un faucon perçoit encore très nettement un trou dans la terre de 2,5 cm de diamètre d'une hauteur de 500 mètres, alors qu'un être humain à vue normale ne peut même pas voir de cette hauteur un gros trou de 8 cm (comparer avec chapitre 52) ; il ne pourrait voir ce trou avec certitude que s'il avait au minimum 15 cm de diamètre.

81. De la goutte d'eau à la loupe.

Lorsque quelqu'un veut voir quelque chose très nettement il place l'objet sous une loupe.

Prends donc en main une lentille convergente et tiens-la à un ou deux centimètres au-dessus de la page de ce livre. Elle montre une partie du texte beaucoup plus grand que le réel, elle fonctionne ainsi telle une loupe.

Si tu approches l'œil de la loupe, l'image reste nette à condition que tu modifies l'écart entre la loupe et le texte. Des personnes presbytes, qui ne veulent pas porter des lunettes, en tirent



profit et utilisent une loupe pour la lecture, non pas à cause du grossissement, mais uniquement parce qu'avec la loupe elles peuvent lire un texte avec netteté dans une position normale de lecture, sinon il ne leur serait possible de lire qu'en tenant le texte à bout de bras.

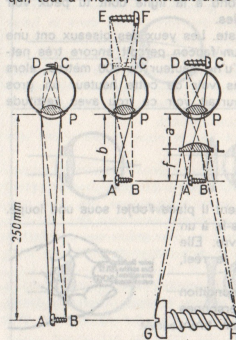
Tu peux voir encore avec netteté l'image agrandie à la loupe jusqu'au point où, en approchant la page du livre, tu ne verrais plus à ce stade qu'une image floue à l'œil nu. Sais-tu au surplus comment tu peux te tirer d'affaire, lorsque tu as besoin d'une petite loupe mais que tu n'as pas de lentille convergente sous la main ? Pose simplement une goutte d'eau sur une plaque de verre bien propre ou sur la partie supérieure d'une règle transparente. Si tu le fais assez adroitement pour que la goutte d'eau ne s'échappe pas du bord, tu auras ainsi une petite lentille convergente d'environ 15 mm de distance focale qui fera office de loupe si tu approches ton œil tout près. Elle est toutefois moins propice pour lire, à cause de son faible diamètre, bien qu'elle grossisse davantage qu'une loupe de lecture.

82. Quel est le grossissement d'une loupe ?

Chaque degré de grossissement est un indice de comparaison. Lorsque tu vois un objet grossi 8 fois par la loupe, cela signifie que tu le vois huit fois plus grand qu'en grandeur nature. Sous le terme de « grandeur nature » (normale) on entend la dimension sous laquelle on voit un objet, à une distance normale d'observation et à nette portée visuelle, c'est-à-dire à une distance de 250 mm.

Tu peux donc faire l'essai du degré de grossissement de ta lentille convergente 4. Ce sera facile si tu observes à travers la lentille une vis de montage 72 maintenue par la pincette 21. De toute façon tu dois garder les deux yeux ouverts, et, avec l'œil libre, observer en même temps quelle partie de la paroi d'en face, dans la chambre, coïncide longitudinalement (en longueur) avec l'image de la vis vue dans son grossissement.

Puis, sans changer de place, tiens devant tes yeux une règle à une distance de 250 mm et vérifie avec le même œil quelle longueur indique la règle pour le trait sur la paroi qui, tout à l'heure, coïncidait avec la longueur de l'image grossie de la vis.



Admettons que tu aies vu l'image grossie de la vis avec une longueur — mesurée de cette façon — de 6,7 cm (67 mm) et que la vis elle-même ait 8 mm de longueur. Tu l'as alors vue grossie environ 8,3 fois et la lentille convergente 4 comporte un grossissement de loupe de 8,3 fois.

Mais tu peux aussi calculer le grossissement de la loupe plus simplement à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Grossissement de loupe} = \frac{250 \text{ mm}}{\text{Distance focale en mm}}$$

Sur le croquis ci-contre à gauche, tu vois comment la vis AB se reproduit en CD sur la rétine de l'œil, lorsqu'elle se trouve — à portée visuelle nette — à 250 mm d'éloignement de l'œil. Le croquis du milieu te montre que la plus grande image FE projetée par la lentille oculaire se situerait loin derrière la rétine, si la distance entre l'œil et la vis était diminuée à celle de *b*, alors que, sur la rétine elle-même, n'apparaîtrait qu'une image de la vis complètement floue. Le croquis

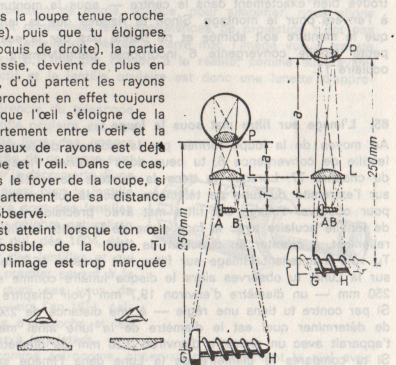
de droite te montre qu'en intercalant une loupe, l'image CD se reproduit avec netteté sur la rétine, et sous quelle grandeur (GH) elle est vue à 250 mm d'éloignement de l'œil. De ce qui précède tu auras clairement compris que l'image GH vue à travers la loupe est une image apparente (virtuelle), parce qu'elle est vue dans le sens du prolongement en arrière de rayons déviés (voir chapitre 38 et fin du chapitre 73).

Si, en lieu et place de la vis AB du croquis de droite, tu tiens la graduation du micromètre 13a sous la lentille convergente 4 faisant office de loupe, et si — en outre — tu poses la division millimétrique de la page 4 sur la table à 250 mm sous ton œil libre, tu verras les deux divisions se superposer. Les divisions du micromètre se composent de 60 subdivisions. Chaque groupe de 10 subdivisions fait un millimètre : elles ont donc 6 mm de long. Par un grossissement de loupe de 8,3 fois, une telle division vue grossie à travers la lentille convergente 4, recouvre 50 mm (en chiffre rond) de la division millimètre de la page 4 vue simultanément avec l'œil libre à 250 mm de distance.

83. L'œil proche et éloigné de la loupe.

Si tu observes la vis à travers la loupe tenue proche de ton œil (croquis de gauche), puis que tu éloignes, lentement l'œil de la loupe (croquis de droite), la partie GH de la vis, que tu vois grossie, devient de plus en plus petite. Les points A et B, d'où partent les rayons lumineux frappant l'œil, se rapprochent en effet toujours plus l'un de l'autre à mesure que l'œil s'éloigne de la loupe. Lors d'un très fort écartement entre l'œil et la loupe, la trajectoire des faisceaux de rayons est déjà presque parallèle entre la loupe et l'œil. Dans ce cas, les points A et B fondent dans le foyer de la loupe, si la loupe est maintenue à l'écartement de sa distance focale au-dessus de l'endroit observé.

Le plus grand champ visuel est atteint lorsque ton œil se rapproche le plus près possible de la loupe. Tu feras alors la constatation que l'image est trop marquée si tu diriges la face plane de la loupe en direction de l'œil (croquis de droite) au lieu de la face bombée (croquis de gauche).

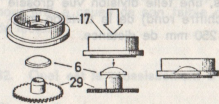


84. Des petites lentilles plus fortes que des grosses.

Prends la petite lentille convergente 6 comme loupe à la place de la lentille convergente 4, tu constateras qu'elle grossit plus fortement. Ce n'est pas surprenant, car elle a une plus courte distance focale et donne un plus fort grossissement à la loupe, tu le sais déjà par le chapitre 82. (Son grossissement à la loupe est de 16,7 fois.) D'autant plus petite est la distance focale d'une lentille, d'autant plus fort est le bombage de sa surface. La sphère, dont nous pouvons imaginer que la lentille est un morceau, a donc un diamètre plus petit lorsque la distance focale de la lentille est

plus faible. C'est pour cette raison que le diamètre d'une lentille à fort grossissement ne peut pas être aussi grand que celui d'une lentille à faible grossissement et faible bombage de surface.

Tu auras remarqué aussi que la petite lentille convergente 6 est de manipulation malaisée, elle est en effet trop petite. C'est pourquoi nous allons maintenant la mettre dans sa monture. Vu que lors des essais qui vont suivre, elle jouera le rôle de lentille succédant à l'œil, nous la monterons dans la monture de lentille oculaire. Pour le cas où, à la suite d'un précédent essai, la lentille divergente 5 serait encore incorporée à la monture de lentille oculaire 17, il est temps de l'en démonter.



Le croquis ci-contre te montre que, pour la mise en place de la petite lentille convergente 6 dans la monture de la lentille oculaire 17, il sera préférable que tu la poses par sa face plane sur le moyeu de la roue compte-images (29). Le trou du moyeu doit se situer exactement dans le centre de la lentille. Assure-toi, avant la pose de la monture de lentille oculaire 17, en jetant un regard dans son trou, que la lentille se trouve bien exactement dans le centre — sous la monture de la lentille oculaire tenue à l'envers pour le montage. Sinon tu risques que la lentille soit enfoncée de travers, que la monture soit abîmée et ne tienne pas par la suite. Ceci fait, nous laissons la petite lentille convergente 6 incorporée définitivement dans la monture de lentille oculaire 17.

85. L'image sur filtre mat sous la loupe.

Au moyen de la loupe formée par la monture de lentille oculaire 17 et de la petite lentille de convergence 6, tu peux donc observer l'image sur filtre mat du télémètre, du chapitre 77. Lorsque tu tiens la monture de lentille oculaire par son côté ouvert sur l'extrémité du tube de télémètre, c'est là justement que tu as la bonne distance pour observer l'image sur filtre mat avec précision. Le côté extérieur de la monture de lentille oculaire avec la face plane de la petite lentille de convergence 6 est, naturellement, à orienter en direction de l'œil.

Tu vois maintenant l'image sur filtre mat grossie 16,7 fois. Si tu pointes le télémètre sur la Lune, tu observes alors le disque lunaire comme s'il avait — à l'écartement de 250 mm — un diamètre d'environ 19,7 mm (voir chapitre 75).

Si par contre tu tiens une règle — à une distance de 250 mm — devant l'œil nu, afin de déterminer quel est le diamètre de la lune ainsi mesuré, alors le disque lunaire t'apparaît avec un diamètre d'environ 2,26 mm de diamètre.

Si tu compares le diamètre de la Lune dans l'image sur filtre mat vu à travers la lentille oculaire — avec le diamètre du disque lunaire vu à l'œil nu, alors tu constateras — en observant l'image sur filtre mat du télémètre à travers la lentille oculaire — que tu vois le disque lunaire 8,7 fois plus grand que si tu observes la Lune à l'œil nu.

Pour calculer cela il te suffit seulement de vérifier combien de fois 2,26 est contenu dans 19,7, par conséquent de diviser 19,7 par 2,26.

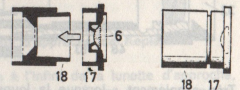
86. Le télescope de Kepler simplifié.

Tu t'en souviens, nous n'avons mis en service le filtre mat que pour pouvoir capter la vue aérienne projetée par l'objectif (voir chapitre 74). En fait, nous devrions pouvoir

observer la vue aérienne aussi bien avec la loupe directement. Afin d'en faire l'essai, sors donc maintenant le filtre mat avec sa monture mobile hors du tube coulissant, mais laisse le télémètre tel qu'il est.

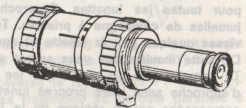
La prise de vue aérienne doit maintenant se trouver encore à la place où le filtre mat avait été disposé auparavant. Afin que la monture de la lentille oculaire soit maintenue à écartement correct de la vue aérienne, c'est la monture de lentille de champ de visée 18 qui fera office de support.

Introduis tout d'abord la monture de lentille oculaire avec sa petite lentille de convergence sur la monture de lentille de champ de visée 18, comme l'indique le croquis ci-contre. A cet effet, se trouve un trait de repérage au point de séparation entre la monture de lentille oculaire et la monture de lentille de champ de visée. Tu enfonces alors la monture de lentille de champ de visée dans le tube coulissant du télémètre et ce jusqu'à ce trait de repère, de sorte que la monture de lentille oculaire fasse encore saillie.



Maintenant, tu es vraiment à même d'observer la vue aérienne à travers la petite lentille de convergence 6 faisant fonction de loupe, et que, pour simplifier, nous allons désigner par lentille oculaire. Etant donné que les circonstances de projection n'ont pas changé suite à l'alignement de la lamelle de l'écran à verre mat, l'image vue à travers la lentille oculaire apparaît grossie 8,7 fois par rapport à la réalité, comme auparavant. L'instrument constitué par l'objectif et la lentille oculaire est donc une lunette d'approche grossissant 8,7 fois.

Cette lunette d'approche se différencie du télescope de Kepler par le fait que sa lentille oculaire est une lentille de convergence et qu'elle livre des images renversées. Des lunettes d'approche de ce genre sont appelées télescope de Kepler ; car la découverte d'une lunette d'approche dans laquelle aussi bien la lentille de l'objectif que la lentille oculaire sont des lentilles de convergence, est à attribuer au célèbre naturaliste allemand Johannes Kepler. Kepler qui, dès 1604, étudiait la déflexion des rayons par des lentilles et qui d'ailleurs — il fut sans doute le premier savant à le faire — avait, pour travailler, muni ses yeux de lunettes correctrices, Kepler donc, vers l'an 1611, calcula le premier de telles lunettes d'approche et les fit ensuite construire par Scheiner à Ingolstadt.

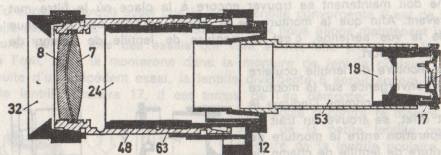


Kepler, devenu célèbre surtout comme astronome, observait principalement le ciel avec ses télescopes. A ce sujet, il avait renoncé intentionnellement à prévoir un renversement de l'image ; car, pour l'observation des corps célestes, il n'y a pas d'inconvénient à ce que l'image soit à l'envers. En outre, il voulait éviter la perte de luminosité et le danger d'erreurs de représentation, qu'entraîne tout dispositif pour le renversement d'une image.

Des télescopes Kepler sans renversement à l'endroit de l'image sont encore utilisés de nos jours comme « télescopes astronomiques ». Naturellement, Kepler avait équipé d'un dispositif de renversement d'image quelques-uns de ses instruments, et c'est pourquoi de tels télescopes sont appelés « télescopes terrestres », en opposition aux « télescopes astronomiques ».

Contrairement à ton télescope Kepler simplifié, dont la coupe est représentée sur le

croquis ci-dessous, les télescopes de Kepler n'avaient pas encore de lentilles achromatiques, mais seulement une simple lentille de convergence comme objectif.



Lors du réglage du télescope sur un objet déterminé tu remarqueras certainement que ce réglage peut être modifié dans certaines limites, sans que la netteté de l'image en soit amoindrie. Comment cela se fait-il ?

Très simplement : lorsque la loupe par laquelle tu contemples l'image aérienne (dans ce cas par conséquent la petite lentille de convergence 6) se trouve éloignée de la vue aérienne de l'écart de sa distance focale, les rayons provenant d'un point de la vue aérienne sortent parallèlement. Par l'œil, cet élément d'image est alors vu nettement, quand il se règle sur « infini ». D'autant plus la loupe s'approche de la vue aérienne, d'autant plus divergent les rayons lumineux provenant d'un élément de l'image aérienne au moment de quitter la loupe. Malgré cela ils se réunissent toujours encore sur un point de la rétine, lorsque l'œil se règle sur « proche ».

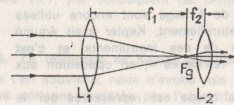
L'œil, par conséquent, peut compenser certaines différences de réglage de la lunette d'approche, en quoi d'ailleurs les muscles oculaires sont fortement sollicités lorsque la lunette est vissée trop à fond.

Pour pouvoir observer longtemps sans fatigue des yeux, le réglage de la lunette doit être choisi de telle manière que l'écartement entre objectif et lentille oculaire de la lunette soit aussi grand que possible, lors d'une forte acuité de l'image. Ceci est valable pour toutes les lunettes d'approche, également pour les lunettes de théâtre et les jumelles de campagne à prismes. Tu trouveras ce réglage au mieux, si tout d'abord tu vises quelque peu la lunette et que tu règles ensuite l'acuité de l'image en dévissant. De cette manière les yeux seront soulagés par ce réglage de précision.

Tu comprendras en outre que les porteurs de lunettes peuvent utiliser des lunettes d'approche sans leurs propres lunettes, par le fait que la myopie et la presbytie sont compensées par le réglage de la lunette d'approche.

87. Réglage de précision de la lunette d'approche de Kepler.

Comme tu l'as appris au chapitre 68, on n'obtient une image nette dans les lunettes d'approche que si des rayons lumineux tombant parallèlement dans l'objectif quittent parallèlement aussi la lentille oculaire de la lunette d'approche. Une inclinaison (décentrement) de tels rayons les uns par rapport aux autres n'a donc lieu qu'entre l'objectif et la lentille oculaire.



Dans la lunette d'approche de Kepler, cette condition est toujours remplie lorsque le foyer arrière de la lentille de l'objectif L1 coïncide avec le foyer avant de la lentille oculaire L2. Sur le croquis ci-contre, ce foyer commun est désigné par Fg.

Dans la lunette d'approche de Kepler — pour le réglage à l'infini — on obtient la distance nécessaire pour ce faire, entre lentille d'objectif et lentille oculaire, en additionnant la distance focale de la lentille oculaire F2 à la distance focale de la lentille d'objectif F1. Pour ta lunette d'approche de Kepler simplifiée, la distance hors tout est de :

$$131 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 146 \text{ mm.}$$

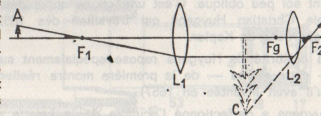
Tu sais déjà par le chapitre 76 que la longueur de la lunette d'approche augmente lorsque l'on procède au réglage sur des objets proches, du fait que la distance entre la lentille d'objectif et l'image qu'elle projette devient plus grande.

88. Comment s'opère le grossissement dans la lunette d'approche de Kepler.

Tu sais déjà par le chapitre 69, concernant le réglage à l'infini de la lunette d'approche, que le fait que les rayons lumineux entrant parallèlement en repartent également parallèles les uns aux autres n'a rien à voir avec le grossissement de la lunette d'approche. Le grossissement repose bien plutôt sur le processus qu'un faisceau de rayons lumineux parallèles qui frappe l'objectif un peu de biais quitte la lentille oculaire de la lunette d'approche sous un angle beaucoup plus incliné (oblique). Et cela ne change rien non plus au grossissement de la lunette d'approche si le faisceau de rayons lumineux parallèles sortant comporte un diamètre plus faible que le faisceau incident (entrant).

Sur ce croquis ci-contre, et à la place de tout un faisceau de rayons lumineux parallèles on n'a dessiné qu'un seul rayon de ce faisceau ; car il n'est question en l'occurrence que de l'angle sous lequel les rayons lumineux touchent l'objectif, respectivement de l'angle sous lequel ils quittent la lentille oculaire.

Tu peux constater comment le rayon lumineux incident (entrant) forme un petit angle optique avec l'axe de la lunette d'approche (indiqué en hachures au point F1).



Etant donné que nous avons choisi un rayon qui traverse le foyer avant F1 de la lentille L1, il est clair qu'entre les lentilles L1 et L2 sa trajectoire se déroule parallèlement à l'axe de la lunette d'approche (comparer chapitre 105). Mais un tel rayon est alors cassé (réfracté) par la lentille oculaire L2 de telle façon qu'il traverse son foyer arrière F2. Si maintenant la distance focale de L2 est plus courte que celle de L1, alors l'angle optique porté en F2 est plus grand que celui dessiné en F1. Si, vu à travers la lunette d'approche, l'arbre A apparaît sous un plus grand angle optique (C) qu'avec l'œil libre, c'est que la lunette d'approche grossit (voir chapitre 67).

Le grossissement augmente dans la mesure où la distance focale de la lentille L1 est plus grande que celle de la lentille L2, de sorte que l'on peut dire — exactement comme pour la lunette d'approche de Galilée :

$$\text{Grossissement de la lunette d'approche} = \frac{\text{Distance focale de l'objectif}}{\text{Distance focale de l'oculaire}}$$

En possession de cette formule tu peux vérifier si le grossissement calculé précédemment pour ta lunette d'approche Kepler, simplifiée, est concordant :

Grossissement de la lunette d'approche = $\frac{131 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = 8,73$ fois, donc 8,7 fois en chiffres ronds.

En faisant une comparaison de la marche des rayons dans la lunette d'approche de Kepler (croquis, au début de ce chapitre) avec le croquis de la marche des rayons dans la lunette d'approche de Galilée (page 57), tu verras clairement pour quelle raison les images dans la lunette d'approche de Kepler sont vues à l'envers. Naturellement, l'image contemplée dans la lunette d'approche de Kepler est une image virtuelle (apparente) par le fait que c'est là une image de loupe (voir chapitre 82).

89. Nous améliorons l'oculaire.

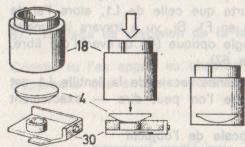
Telle que la lunette d'approche de Kepler simplifiée est décrite au chapitre 86, elle n'apporte pas, cela va de soi, des images particulièrement bonnes. C'est pourquoi nous allons l'améliorer petit à petit jusqu'à ce que (au chapitre 94) nous terminions finalement sa construction de sorte qu'elle te livre des images absolument impeccables.

Commençons avec l'oculaire. Tu as déjà remarqué, sans doute, que le champ de vision se couvre immédiatement d'un brouillard laiteux si tu jettes dans l'oculaire un regard tant soit peu oblique. C'est une chose qui a déjà contrarié le célèbre physicien hollandais Christian Huygens qui travaillait dès 1652 au perfectionnement de la lunette d'approche de Kepler.

La célébrité de Huygens repose spécialement sur le fait qu'il a fait don à l'Humanité — entre autres — de la première montre réellement fonctionnelle, à savoir la pendule qu'il avait inventée en 1657).

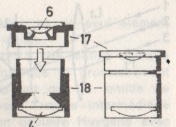
Huygens a perfectionné l'oculaire de la lunette d'approche de Kepler en y adjoignant une deuxième lentille dite lentille de champ, qui, en distance focale et éloignement, est synchronisée — dans une mesure déterminée — avec la lentille oculaire (voir chapitre 91). Tu vas donc perfectionner l'oculaire de ta lunette d'approche de Kepler en y incorporant une telle lentille de champ pour qu'il devienne un oculaire Huygens.

Tu as tout d'abord à extraire l'oculaire de ta lunette d'approche de Kepler (tu sais qu'il est composé jusqu'à maintenant d'une monture vide de lentille de champ sur laquelle est introduite la monture de lentille oculaire avec la lentille oculaire). Retire donc la monture de lentille de champ et mets de côté la monture de lentille oculaire avec sa lentille oculaire.



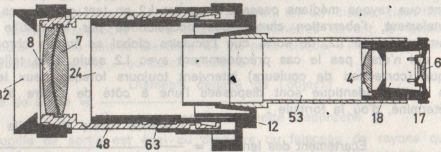
Pour l'incorporation de la lentille de champ dans la monture de lentille de champ, tu utiliseras de préférence comme outil le guidage de la roue compte-images (pièce 30). Ainsi que le montre le croquis ci-contre, tu poses une lentille convergente 4 par sa face bombée sur le bord supérieur du trou rond de la pièce 30. Puis tu tiens très exactement au-dessus la monture de lentille de champ 18 (sa partie la plus large vers le bas) et jette

un regard dans le trou d'obturation qui se trouve dans la monture de lentille de champ, pour vérifier si la lentille est bien située juste dans le centre sous la monture. Si c'est bien le cas, tu enfiles la monture de lentille de champ — par en haut — exactement sur la face plane de la lentille (à ce moment le pourtour de la monture de lentille de champ mord sur le bord de la lentille) et tu presses énergiquement jusqu'à ce que la lentille soit bien assise entre les trois rainures de fixation. La face plane de la lentille doit reposer tout autour sur le bord intérieur légèrement évasé de la monture de lentille de champ, afin que la lentille de champ ne repose pas de travers et qu'elle ne puisse plus déborder de la monture. Finalement, tu replaces la monture de lentille oculaire 17 avec sa lentille oculaire 6 sur la monture de lentille de champ. Ainsi se trouve terminé l'oculaire bi-lentillaire Huygens.



90. Nous mettons l'oculaire Huygens au banc d'essai.

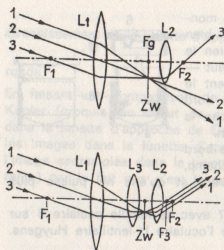
Enfile maintenant l'oculaire Huygens dans le tube coulissant de ta lunette d'approche. Kepler jusqu'au point où la gorge de séparation entre monture de lentille de champ et monture de lentille oculaire reste tout juste encore visible — comme auparavant. Le réglage de précision étant fait tu constateras que l'image est bien stable, même lorsque tu regardes de biais dans la lentille oculaire de l'oculaire. En outre, le champ de l'image est agrandi,



ce qui d'ailleurs est obtenu au prix d'une faible perte de grossissement. En tout et pour tout, l'image est déjà beaucoup plus claire que sans lentille de champ. Au contraire d'une lentille unique, cet oculaire est même correcteur de couleurs — comme tu le comprendras plus tard — quoiqu'il ne soit pas achromatique mais constitué de deux lentilles de même matière.

91. Comment la lentille de champ améliore l'image.

Tu voudrais certainement savoir quelle opinion Christian Huygens a bien pu se faire de l'efficacité de l'oculaire qu'il avait inventé. Regarde donc ces deux croquis. Celui du dessus montre une très simple lunette d'approche de Kepler, sur l'objectif de laquelle tombent obliquement d'en haut trois rayons lumineux parallèles entre eux. Après déviation par la lentille d'objectif L1 ces rayons se coupent en un point de l'image intermédiaire Zw (c'est ainsi que les professionnels nomment l'image aérienne entre les lentilles des lunettes d'approche) dont le centre se situe sur le foyer Fg. Après s'être croisés en ce point ils se dispersent à nouveau.



Avec la lentille oculaire L2 faisant office de loupe il est possible d'observer cette image intermédiaire. On ne peut voir d'ailleurs que les rayons qui ont été déviés de L2 en direction de l'œil, par exemple le rayon 3. Les rayons 2 et 1 passent à côté de L2 et disparaissent.

Si, dans la trajectoire des rayons, on intercale une lentille de champ L3 devant la lentille L2 (croquis du bas), dans ce cas les rayons sont déviés plus tôt — un peu en direction du milieu — et avant l'image intermédiaire Zw. Alors, les rayons 2 et 1 parviennent aussi à l'œil par l'intermédiaire de L2.

Du fait que des rayons marginaux sont déviés en direction de l'œil en plus grand nombre que lorsqu'il n'y a pas de lentille de champ, tu peux regarder maintenant plus obliquement qu'auparavant dans la lentille oculaire de l'oculaire, et cela sans que dis-

paraisse l'image.

En outre, l'image est plus claire parce que le défaut de « sphéricité » ainsi nommé (voir chapitre 95) est largement compensé par le fait que les rayons se croisent entre les lentilles de l'oculaire.

Les rayons qui, en tant que rayons marginaux, traversent la lentille de champ L3, passent à travers L2 en tant que rayons médians, alors que les rayons qui traversent L3 en tant que rayons médians passent à travers L2 en tant que rayons marginaux.

Finalement, l'aberration chromatique occasionnée par la lentille de champ L3 est compensée par L2, de sorte que l'oculaire global se trouve chromatiquement corrigé, ce qui n'était pas le cas précédemment. Une telle correction chromatique (correction de couleurs) intervient toujours lorsque deux lentilles convergentes en matière identique sont disposées l'une à côté de l'autre à un écartement bien déterminé, d'où la formule :

$$\text{Ecartement des lentilles} = \frac{\text{Distance focale } 1^{\text{re}} \text{ lentille} + DF \text{ } 2^{\text{e}} \text{ lentille}}{2}$$

Dans le cas de l'oculaire Huygens l'action de cette correction chromatique peut être expliquée comme suit :

Les rayons rouges sont plus faiblement déviés que les bleus par la lentille de champ qui fait office de première lentille de l'oculaire.

Les rayons rouge et bleu — dans lesquels le rayon blanc incident s'est décomposé — se dispersent par conséquent entre la lentille de champ et la lentille oculaire de l'oculaire. La lentille oculaire de l'oculaire — qui fait office de deuxième lentille derrière la lentille de champ — est donc plus touchée sur le bord par les rayons rouges que par les rayons bleus qui lui appartiennent aussi. Mais chaque lentille dévie les rayons qui la touchent sur le bord plus fortement qu'elle ne dévie les rayons médians. Ainsi, dans la deuxième lentille, les rayons rouges sont-ils plus fortement déviés que les rayons bleus, et ils quittent la deuxième lentille parallèlement aux rayons bleus lui appartenant.

C'est pourquoi la correction chromatique proprement dite s'effectue d'abord dans l'œil : des rayons lumineux entrant parallèlement dans l'œil — par conséquent ceux-là aussi qui de la deuxième lentille de l'oculaire passent dans l'œil de l'observateur — sont concentrés par la lentille de l'œil lui-même en un foyer qui se situe exactement sur la

rétine. Ainsi, rayons rouges et bleus se rencontrent sur la rétine en un seul élément d'image, où ils se complètent à nouveau en couleur blanche initiale.

A tous les avantages que possède l'oculaire Huygens par rapport à une lentille oculaire unique, on ne peut opposer qu'un seul désavantage : à savoir que le grossissement primitif à la loupe de l'oculaire ne peut plus être atteint, du fait que la lentille de champ dévie les rayons quelque peu vers le centre et devant l'image intermédiaire déjà, de sorte que l'image intermédiaire se contracte. Pour ton oculaire Huygens avec incorporation de la lentille de champ, le grossissement à la loupe baisse de ce fait de 16,7 fois à 12,5 fois, ce qui revient à environ 3/4 de la valeur primitive. Et la lunette d'approche de Kepler munie de l'oculaire Huygens ne grossit donc plus que de 6,5 fois environ.

92. L'image aérienne derrière la lunette d'approche.

Voilà qui sonne d'une façon étonnante : l'oculaire fonctionne en même temps comme un objectif. Ce disant, on ne fait même pas allusion au cas où tu regardes par l'arrière dans la lunette d'approche et l'utilises comme un tube de rapetissement d'image, comme à la fin du chapitre 67 ; mais l'on pense en l'occurrence au fait que l'oculaire livre — hors de la lunette d'approche — une image aérienne de l'ouverture dégagée de l'objectif. (L'ouverture « dégagée » de l'objectif, dite aussi ouverture « visible », est désignée par les spécialistes sous le nom de « pupille d'entrée ».)

Cette image aérienne de l'ouverture d'objectif vue de l'intérieur t'apparaît tel un disque clair flottant — hors de la lunette d'approche — à quelques millimètres devant la lentille oculaire. Tu peux calculer comme suit le diamètre de ce petit disque d'image aérienne que l'on nomme : « pupille de sortie » ou cercle oculaire :

$$\text{Diamètre de la pupille de sortie} = \frac{\text{Diamètre dégagé de l'objectif}}{\text{Grossissement de la lunette d'approche}}$$

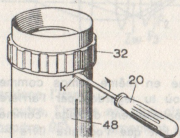
Le diamètre de la pupille de sortie est égal au diamètre du faisceau de rayons qui était passé dans l'œil. La dimension de la pupille de sortie est ainsi déterminante en même temps pour la luminosité de l'image vue. Pour les observations pendant le jour ou l'observation d'objets clairs, comme par exemple du disque lunaire, elle devrait avoir pour le moins un diamètre de 3/4 de mm, sinon l'image présente un aspect trop sombre. Pour les jumelles de campagne, celles qu'utilisent les chasseurs à la tombée de la nuit, par exemple, ou pour les télescopes des astronomes, la pupille de sortie doit être beaucoup plus grande, cela va de soi. De toute manière, cela n'a aucun sens de la faire plus grande que le diamètre qu'a la pupille de l'œil quand elle est complètement ouverte de nuit (environ 7 mm).

93. Nous posons les diaphragmes.

En observant la pupille de sortie de ta lunette d'approche de Kepler, tu remarques qu'elle est entourée d'une lisière claire. En y regardant de plus près tu constates qu'il s'agit là d'une lumière qui est réfléctée jusque dans la lunette d'approche par la paroi intérieure des demi-coquilles de l'objectif. Etant donné que cette lumière secondaire fait que des points sombres de l'image apparaissent plus pâles, nous allons tenter de nous y opposer. Sinon la bonne qualité de l'image de la lunette d'approche pourrait être gênée par une lumière dont la source se situerait latéralement hors du champ visuel.

Avec la lentille oculaire 12 faisant office de loupe II

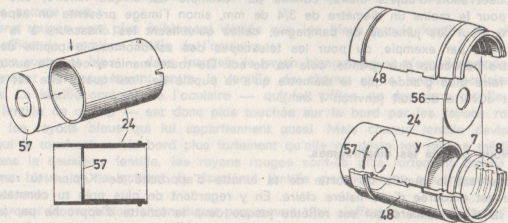
Une telle lumière secondaire oblique peut être facilement atténuée, lorsque le diamètre du tube est plus épais que celui du faisceau de rayons lumineux contribuant à la formation de l'image. Si nous nous satisfaisons d'un diamètre de la pupille de sortie d'environ 1,8 mm, le diamètre dégagé de l'objectif n'a besoin de comporter que 12 mm seulement. Un obturateur (diaphragme) avec trou de 12 mm (pièce 56) donne déjà pas mal d'ombre et nous allons le disposer juste derrière l'objectif. D'autre part, nous mettrons plus en arrière encore un deuxième obturateur (pièce 57, de 16,4 mm de diamètre de trou) qui fera office d'obturateur intermédiaire, de sorte que le tube coulissant plus étroit sera également assombri à l'intérieur.



Pour la pose des obturateurs il y a lieu de démonter l'objectif. Enlève tout d'abord de l'objectif la pièce de raccordement universelle 12. Cela ira sans peine si tu tournes l'objectif complètement à fond et si, en retirant la pièce de raccordement universelle, tu la tournes lentement un peu sur la droite comme si elle devait être dévissée dans le mauvais sens. Tu ouvriras plus aisément l'objectif en enfilant la lame du tournevis 20 dans une des deux encoches situées à la fente de séparation entre l'obturateur de contre-jour 32 et les demi-coquilles d'objectif 48 ; puis, tourne le tournevis de droite et de gauche jusqu'à ce que l'obturateur de contre-jour puisse s'enlever.

Tu enfiles maintenant le gros obturateur II (diamètre extérieur 38 mm — diamètre du trou 16,4 mm — pièce 57), la face mate en avant, dans l'ouverture du tube télescopique 24 opposée à l'achromate, et ce de telle manière que l'obturateur repose sur le bord en saillie qui se trouve assez profondément à l'intérieur. (Plus tard après terminaison du montage, il sera retenu par le tube désaffleurant de la pièce de raccordement universelle 12).

Pose maintenant le gros obturateur I (diamètre extérieur 38 mm — diamètre du trou 12 mm — pièce 56) dans l'entaille de la demi-coquille d'objectif 48 située derrière l'achromate (elle se trouve à l'intérieur de la lunette d'approche directement à côté de la grosse lentille convergente 7 de l'achromate). La face mate de l'obturateur doit être tournée face à l'achromate.

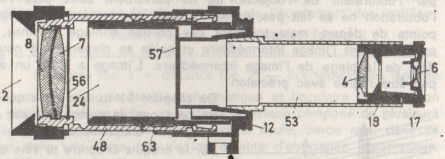


Lorsque tu te seras assuré que le téton inférieur « y » du tube télescopique 24 s'est bien de nouveau encoché dans la rainure spirale de la demi-coquille inférieure de l'objectif, tu pourras alors y poser la demi-coquille supérieure de l'objectif. Si des

anneaux de carton avaient été montés sur l'achromate, tu les pousseras à nouveau dans la rainure de retenue de l'achromate (voir chapitre 64) en t'aidant du tournevis. A la page 54 en haut, est décrite la manière de terminer la fermeture de l'objectif avec l'obturateur de contre-jour. Enfin, tu introduis le tube télescopique et vérifies si le gros obturateur II (pièce 57) est encore bien en place ; cela fait, tu mets la pièce de raccordement universelle en position, en une lente rotation à droite comme si elle devait être vissée. Prendre garde que la pièce de raccordement universelle soit complètement fixée en bonne position. (Observer le repère « z », voir croquis chapitre 64.)

94. Une lunette d'approche de Kepler donnant une image très nette.

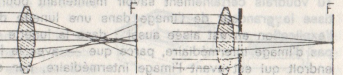
Après que les deux obturateurs furent incorporés dans l'objectif, tu introduis à nouveau le tube coulissant 53 — par son épaulement épais — et le fixes dans le trou de la pièce de raccordement universelle 12 qui lui est destiné.



Puis, dans le bout libre du tube coulissant 53, tu enfiles à nouveau l'oculaire Huygens du chapitre 89 et ce jusqu'à la rainure de jonction située entre les montures de lentille oculaire et de lentille de champ. Ainsi se trouve terminé le télescope Kepler muni de l'oculaire Huygens. Il donne une image claire et nette. Son grossissement étant de 6,5 fois et son ouverture dégagée d'objectif comportant 12 mm, les spécialistes parlent d'une lunette d'approche de 6,5 x 12. Pour ces dénominations de lunettes d'approche, le premier chiffre signifie chaque fois le grossissement, alors que le deuxième chiffre en millimètres se rapporte au diamètre dégagé de l'objectif.

95. Comment les obturateurs modifient-ils l'image ?

Par l'incorporation des deux obturateurs, la qualité d'image de ta lunette d'approche de Kepler s'est sensiblement améliorée. La raison en est essentiellement qu'aucune lumière secondaire ne peut plus pénétrer dans la lunette d'approche. L'amélioration proprement dite de l'image est plutôt occasionnée par l'obturateur de l'objectif, du fait qu'il refoule les rayons marginaux de l'objectif. Sur le croquis ci-contre, tu aperçois clairement comment se concentrent au

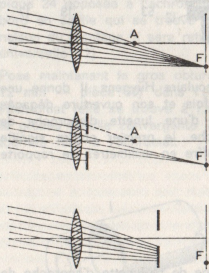


foyer F les seuls rayons qui, à proximité du centre, ont traversé la lentille convergente. Par contre, les rayons marginaux se réunissent avant, comme si le bord de la lentille appartenait à une lentille à faible distance focale ou, pour préciser, comme si les zones marginales de la lentille comportaient des distances focales d'autant plus courtes qu'elles se situent d'autant plus loin vers l'extérieur.

Que les rayons marginaux se concentrent en d'autres points que le font les rayons proches du centre, c'est une chose que tu connais déjà par l'étude du miroir concave. C'est le cas lorsque la coupe transversale du miroir concave comporte un profil en arc de cercle (croquis 21), et que le miroir concave se trouve être, par conséquent, la face intérieure reflétée d'une section de sphère. Chez les miroirs concaves paraboliques, ce phénomène ne se produit pas.

Ce phénomène apparaît aussi avec les lentilles convergentes : les rayons marginaux se concentrent avant le foyer, car les lentilles sont des sections de sphère. On parle à ce sujet de défaut de sphéricité quand on fait allusion à la divergence de distance focale des rayons marginaux.

Sur le croquis de droite, tu constates comment des rayons marginaux sont refoulés par l'obturateur de l'objectif. Ils ne perturbent donc plus l'image intermédiaire. Si l'obturation ne se fait pas, ils ne frappent pas les points d'image en fonction de leurs points de départ, mais touchent des parties d'image voisines, par le fait qu'ils se croisent avant l'image intermédiaire et qu'ils se dispersent à nouveau à bonne distance déjà de la plage de l'image intermédiaire. L'image a alors un aspect voilé et ne peut pas être réglée avec précision.



Du chapitre 91 tu sais déjà que le défaut de sphéricité ne peut pas se compenser par l'obturation des rayons marginaux uniquement.

Sur le croquis ci-contre tu vois qu'un obturateur qui doit retenir les rayons marginaux doit être disposé tout près de l'objectif. Si on le place trop loin en arrière, il obture tous les rayons incidents arrivant obliquement.

Certainement as-tu déjà remarqué que la grandeur de l'image dans ta lunette d'approche de Kepler ne s'est pas modifiée par l'incorporation de l'obturateur de l'objectif ; alors que cela a été le cas pour la lunette d'approche de Galilée (chapitre 70), lorsque tu as tenu un obturateur de l'objectif devant la lunette. L'explication en est bien simple : dans la lunette d'approche de Kepler, l'image intermédiaire apparaît complètement dans chaque cas, que l'on dispose ou non un obturateur de l'objectif. Dans les deux cas, elle peut être observée à travers l'oculaire.

Un obturateur de l'objectif a uniquement comme résultat que les rayons lumineux parviennent moins nombreux

aux différents points de l'image. La luminosité de l'image est par conséquent délaissée. Par contre, la grandeur de l'image n'est pas réduite par un obturateur de l'objectif (réduite à l'état de vignette), ce n'est le cas que par un obturateur intermédiaire se trouvant à une plus grande distance derrière l'objectif.

Tu voudrais certainement savoir maintenant pourquoi un obturateur de l'objectif rapetisse la grandeur de l'image dans une lunette d'approche de Galilée. Sur le croquis, l'explication en est aisée aussi : dans la lunette d'approche de Galilée il ne se produit pas d'image intermédiaire, parce que — avec la lentille oculaire — l'œil se situe en un endroit qui est avant l'image intermédiaire, par exemple au point A de notre croquis.

Sans obturateur, et à partir du point A, on peut voir obliquement vers le haut à travers la lentille de l'objectif. Mais après la pose d'un obturateur d'objectif cette direction de visée se trouve bloquée ; en partant de A on ne pourrait voir qu'à travers l'objectif, lorsqu'on regarderait à travers le trou de l'obturateur sous un angle aigu. Dans la lunette d'approche de Galilée, l'obturateur de l'objectif masque, par conséquent, une partie de la perspective.

96. Deux lentilles pour une seule.

Précédemment, le grossissement à la loupe de l'oculaire s'amenuisait lorsqu'une deuxième lentille était incorporée (voir fin du chapitre 91). Ce recul de 16,7 fois à 12,5 fois du grossissement de la loupe est démontré comme étant le prolongement de 15 à 20 mm de la distance focale de l'oculaire ; tu peux le vérifier d'après la formule du chapitre 82. Deux lentilles individuelles peuvent donc être assemblées en un seul système lentillaire qui agit comme une lentille seule. La distance focale globale d'un système lentillaire composé de deux lentilles individuelles peut être calculée, si l'on multiplie les distances focales des deux lentilles individuelles l'une par l'autre et si l'on divise le résultat par la somme des deux distances focales diminuée de l'écartement des lentilles :

$$\text{Distance focale globale} = \frac{\text{Distance focale 1} \times \text{distance focale 2}}{(\text{Distance foc. 1} + \text{distance foc. 2}) - \text{écartement des lentilles}}$$

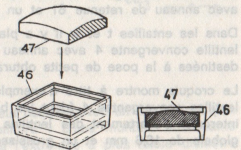
Comme tu l'as vu par l'exemple avec la lentille achromatique et l'oculaire Huygens, on use fréquemment de la possibilité de prendre un système lentillaire composé de plusieurs lentilles de même distance focale, à la place d'une lentille seule, parce que, dans ce cas, on peut compenser dans une large mesure les défauts d'aberration chromatique, de sphéricité, et autres défauts des lentilles qui tu ne connais pas encore ; la condition étant de régler le système lentillaire conforme à la lentille unique.

97. Une loupe à double lentille.

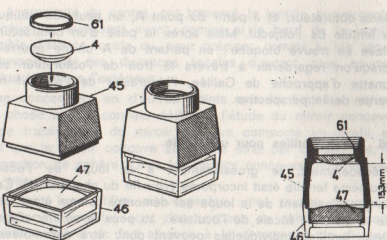
Une loupe à fort grossissement présente toujours deux désavantages : Elle doit être tenue proche de l'objet d'observation, ce qui fait que ce dernier est souvent dans l'ombre, et le champ visuel relativement restreint. La loupe que tu vas construire maintenant se compose de deux lentilles ; celle du bas repose sur un socle transparent, de sorte que la lumière peut parvenir sans gêne à l'objet d'observation.

Tu poses tout d'abord la lentille convergente carrée 47 — la face bombée vers le haut — dans le socle transparent 46. Ce dernier doit reposer sur sa petite face. La partie supérieure de la loupe se compose d'une tubulaire de visée 45, dans laquelle est disposée une lentille convergente 4 — la face bombée vers le bas — qu'une bague de retenue 61 doit empêcher de s'échapper. Cette partie supérieure de la loupe est à monter sur le socle transparent muni de la lentille convergente carrée. La loupe double lentille se trouve ainsi terminée.

Cette loupe est un exemple démontrant que la distance focale d'une lentille individuelle ne doit absolument pas être plus longue lorsqu'elle est assemblée



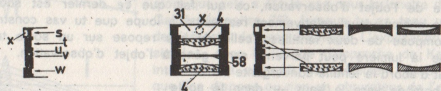
avec une deuxième lentille en un système lentillaire. Cette loupe, dont les lentilles individuelles comportent les distances focales de 30,0 mm et 73,6 mm, possède en effet une distance focale globale de 25,0 mm seulement. Tu peux en vérifier le calcul si tu intègres les distances focales individuelles dans la formule du chapitre précédent, et prends 15,3 mm comme écartement des lentilles (voir le croquis en coupe). D'après la formule du chapitre 82 il en résulte un grossissement à la loupe de 10 fois.



98. Banc d'optique.

On donne cette appellation à un dispositif dans lequel plusieurs lentilles peuvent être disposées de telle façon les unes derrière les autres que leur ordre de succession et les écartements entre elles puissent être modifiés. Dans ton coffret, tu as devant toi toutes les pièces nécessaires pour construire un tel banc d'optique : les lentilles sont placées dans des montures coulissantes que tu peux introduire par la suite dans un tuyau fait de tubes coulissants assemblés.

Les croquis te montrent le schéma de montage et comment tu dois faire pour introduire les lentilles et les obturateurs dans les montures coulissantes formées de deux demi-crochilles 31 par montures coulissantes.



Dans l'entaille s qui se trouve sur le côté du trou de repère x, il y a place soit pour une lentille divergente 5 et un petit obturateur, soit pour une lentille convergente 4 avec anneau de retenue 61 et un petit obturateur.

Dans les entailles t et w il y a place également pour une lentille divergente 5 ou une lentille convergente 4 avec anneau de retenue 61, alors que les rainures u et v sont destinées à la pose de petits obturateurs ou d'écrans de couleur découpés.

Le croquis montre à titre d'exemple une loupe double lentille se composant de deux lentilles convergentes 4 (dont les bombés se font face) avec un obturateur de 7,5 mm intercalé. L'écartement des lentilles étant de 4,1 mm, il en résulte une distance focale globale de 16,6 mm et un grossissement de loupe de 15 fois.

99. D'où doit-on compter la distance focale ?

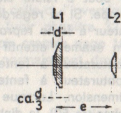
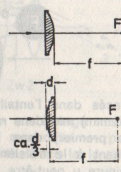
Si tu dois calculer des écartements précis de lentilles, il te faut connaître à partir de quel endroit de la lentille ils sont à mesurer. Si tu songes qu'il peut y avoir des lentilles plan-convexes de différentes épaisseurs avec une même distance focale, tu auras compris que ce n'est pas le milieu entre les deux faces d'une lentille qui peut être admis comme point de départ.

Dans une lentille plan-convexe très mince, la distance focale se calcule naturellement à partir du sommet du bombé. Ceci est valable également pour les lentilles plan-convexes épaisses, pour le cas où la distance focale doit être mesurée jusqu'au foyer en direction duquel la face bombée est tournée.

L'épaisseur de lentille d'une lentille plan-convexe peut s'assimiler au fait d'ajouter un disque plan d'épaisseur convenable à la face intérieure du bombé de la lentille. Comme tu le sais du chapitre 26, le parcours de la lumière dans l'eau se raccourcit de 1/4 du trajet parcouru réellement. Pour du verre encore plus dense optiquement (Plexiglas ou polystyrène) il se raccourcit même de 1/3 du trajet parcouru. Ainsi ne seras-tu pas surpris que la distance entre le sommet d'une lentille plan-convexe et le foyer en direction duquel la face plane est tournée soit d'environ 1/3 de l'épaisseur de la lentille plus longue, que la distance focale de cette lentille. Chaque lentille comporte deux plans principaux qui sont éloignés l'un de l'autre d'environ 1/3 d'épaisseur de la lentille, et à partir desquels se mesure la distance focale jusqu'au foyer qui n'est pas séparé d'elle par l'autre plan principal. Chez les lentilles plan-convexes le sommet de la lentille touche l'un des plans principaux, alors que l'autre plan se situe plus avant à l'intérieur de la lentille pour environ 1/3 de l'épaisseur de la lentille d.

Alors que la théorie officielle, à savoir que deux plans principaux sont séparés l'un de l'autre d'environ 1/3 de l'épaisseur de la lentille, vaut pour toutes les lentilles, il est admis en règle générale que le sommet du bombé ne touche un plan principal que seulement pour les lentilles ayant une face plane. Pour les lentilles bombées sur les deux faces, ce sont d'autres règles qui ont cours : chez les lentilles concavo-convexes et convexo-concaves les plans principaux peuvent se situer en dehors même de la lentille.

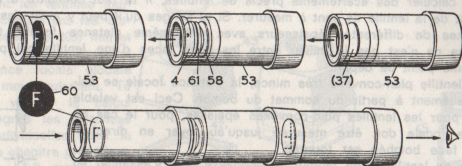
En tant qu'écartement des lentilles, la distance e est admise entre les plans principaux se faisant face chez des lentilles voisines. Un exemple de ce cas est donné par le croquis ci-contre qui montre entre quels points est calculée la distance des deux lentilles dans ton oculaire Huygens. Quand tu sauras qu'elle comporte 22,5 mm, il te sera possible de vérifier d'après la formule du chapitre 96 que l'oculaire Huygens possède une distance focale globale de 20 mm et qu'il correspond aussi aux conditions énoncées au chapitre 91 relatives à la correction chromatique.



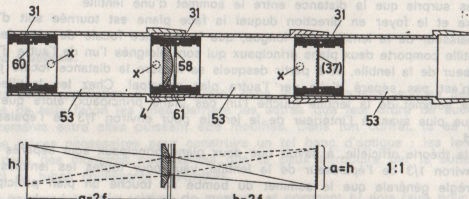
100. Le banc d'optique est mis à l'épreuve.

Tu désires sûrement faire l'essai de ce par quoi on peut débiter avec un banc d'optique. Introduis l'obturateur à fente F (pièce 60) dans la rainure v d'une monture coulissante et pousse-la — trou de repère x en premier — dans l'extrémité à plus faible diamètre

d'un tube coulissant. Puis équipe une deuxième monture coulissante (comme le montre le croquis en coupe) avec une lentille convergente 4 et son anneau de retenue 61



placés dans l'entaille t , ainsi qu'avec un petit obturateur l (pièce 58 avec trou de 7,5 mm) mis dans rainure u ; ensuite, introduis cette monture (côté sans trou de repère en premier) dans l'extrémité à plus faible diamètre d'un deuxième tube coulissant. Quant à la troisième monture coulissante avec la lamelle de filtre mat (37) dans la rainure u peut-être l'as-tu encore disponible à la suite des essais des chapitres 46 ou



74. Elle a sa place (côté sans trou de repère en avant) dans l'extrémité à faible diamètre du troisième tube coulissant. Les trois montures coulissantes doivent s'adapter exactement avec le bord de leur tube coulissant respectif.

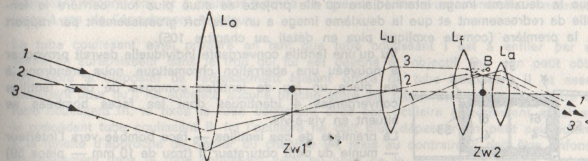
Ceci fait, et comme l'indique le croquis, assemble les trois tubes coulissants et dirige le bout à faible diamètre comportant l'obturateur à fente F vers une fenêtre ou une lampe. Si tu regardes la lamelle de filtre mat par l'autre côté, tu verras le F de l'obturateur à fente reproduit sur la lamelle.

Un examen attentif te fera voir que le F est reproduit à l'envers alors que le F de l'obturateur à fente est droit, et que l'image est de même grandeur que le F de l'obturateur à fente. La lentille convergente inverse donc l'image sans modifier sa dimension. Lorsque la hauteur de l'objet h est la même que la hauteur d'image a (chapitre 50), la distance d'objet g doit être de même longueur que la distance d'image b . C'est bien le cas ici, les deux comportent chacune 60 mm et ainsi une double distance focale (voir chapitres 76-77).

101. Inversion de l'image dans la lunette d'approche de Kepler.

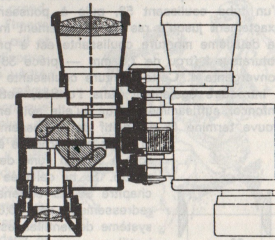
L'essai que tu as fait avec le banc d'optique au chapitre précédent t'a montré de quelle

manière une image peut être inversée à l'aide d'une lentille convergente. Peut-être es-tu en train de réfléchir si, par un tel procédé, il ne serait pas possible d'inverser également l'image dans le télescope de Kepler. Le croquis te montre comment, dans ce cas, se déroulerait la marche des rayons.



Les rayons incidents se concentrent derrière la lentille d'objectif L_o sur l'image intermédiaire inversée Z_w1 (la première). Cette image intermédiaire est reproduite — par la lentille à redressement L_u — en une image intermédiaire Z_w2 droite. Sans la lentille de champ L_f les rayons dessinés ne se réuniraient qu'au point B seulement. Mais la lentille de champ (tu le sais par le chapitre 91) les dévie quelque peu vers l'intérieur en direction de l'axe de la lunette d'approche, et le point de rencontre des rayons — comme tu le vois — se trouve quelque peu décalé en avant. La lentille oculaire côté de l'œil L_a fait à nouveau office de loupe à travers laquelle l'œil observe la deuxième image intermédiaire.

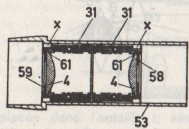
Avec une telle disposition des lentilles, la lunette d'approche de Kepler comporte, cela va sans dire, une « distance hors tout » considérable. A la somme de la distance focale de l'objectif et de l'oculaire vient encore s'ajouter la quadruple distance focale de la lentille à redressement. Si quelqu'un désire avoir une lunette d'approche qu'il puisse enfilier dans la poche, il aura à se procurer de préférence une lunette dans laquelle le renversement d'image s'opère d'une autre manière. Le croquis ci-contre te montre une telle lunette d'approche, par exemple sous la forme de la jumelle à prismes. Dans celle-ci l'inversion d'image s'effectue par réflexion dans deux prismes à redressement (voir chapitre 32), dont le premier redresse l'image renversé et l'éloigne de l'oculaire (voir croquis page 10 — en haut à gauche), alors que le deuxième prisme renvoie l'image normalement droite vers l'œil (voir croquis page 9 — en bas à droite).



102. Nous construisons un système de redressement de l'image.

Dans notre lunette d'approche de Kepler nous n'allons pas incorporer un dispositif de redressement à prismes mais bien à lentilles. La plus grande « longueur hors tout » ne nous gêne plus beaucoup si nous pouvons la troquer contre un autre avantage, à savoir un plus fort grossissement.

La description du chapitre précédent, relative à la marche des rayons dans la lunette d'approche de Kepler à l'aide de la lentille de redressement, participait du fait d'une image redressée dans laquelle le format de l'image reste inchangé. Mais si l'on avance la lentille de redressement plus près de la première image intermédiaire, il en résulte que la deuxième image intermédiaire qu'elle projette se situe plus loin derrière la lentille de redressement et que la deuxième image a un plus fort grossissement par rapport à la première (comme expliqué plus en détail au chapitre 105).

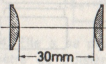


Vu qu'une lentille convergente individuelle devrait provoquer à nouveau une aberration chromatique, nous prendrons à sa place un jeu de lentilles composé de deux lentilles convergentes 4 identiques dont les faces bombées se situent en vis-à-vis.

La première de ces lentilles — face bombée vers l'intérieur — munie du petit obturateur II (trou de 10 mm — pièce 59) posé sur sa face plane, est à disposer dans l'entaille « s » (chapitre 98) d'une monture coulissante formée de deux demi-coquilles 31, la lentille étant ensuite à consolider par un anneau de retenue 61 qui se pose en même temps sur sa face bombée. Cette monture coulissante — face avec le trou repère « x » en avant — est à introduire dans l'orifice côté petit diamètre d'un tube coulissant 53, puis à pousser jusqu'à ce que sa partie avant s'emboîte exactement jusqu'à ras de l'épaulement intérieur (voir croquis en coupe ci-contre).

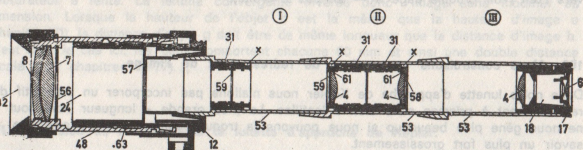
La deuxième monture coulissante est à préparer de la même façon, sauf qu'ici le petit obturateur I (trou de 7,5 mm — pièce 58) est à poser sur la face plane de la lentille convergente 4. Cette monture coulissante — face sans trou de repère en avant — est à introduire également dans l'orifice, petit côté du même tube coulissant 53, puis à enfoncer suffisamment pour qu'elle soit en contact avec la première monture. Ainsi se trouve terminé le dispositif de redressement.

Si tu as bien procédé à ce montage, les deux lentilles convergentes 4 sont à 30 mm l'une de l'autre, ainsi que te le montre le croquis ci-contre. Si tu calcules ce système de lentilles, comme indiqué au chapitre 96, tu obtiens la distance focale globale du dispositif de redressement, soit 30,0 mm. Relis le chapitre 91, tu verras que ce système de lentilles est chromatiquement corrigé, car sa distance de lentilles correspond aux conditions prescrites dans ce chapitre.



103. Une lunette d'approche de Kepler à grossissement 15 fois avec système de redressement.

Tu peux procéder à ce montage en perfectionnant la lunette d'approche de Kepler du chapitre 94. Tout d'abord, démonte le tube coulissant avec son oculaire et mets-le de



90

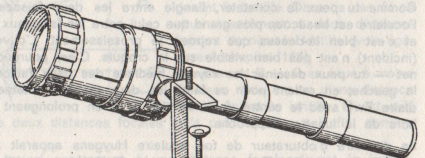
côté. Prends ensuite une monture coulissante composée de deux demi-coquilles 31, et fixe dans sa rainure « u » (chapitre 98) le petit obturateur II de trou 10 mm — pièce 59 (l'autre obturateur a déjà été utilisé pour le dispositif de redressement). Cette monture — côté sans trou-repère en avant — est à introduire dans l'orifice petit côté d'un tube coulissant encore vide et à pousser jusqu'à ce que sa partie avant s'emboîte exactement jusqu'à ras de l'épaulement intérieur.

Le tube coulissant ainsi préparé en tant que tube coulissant I est à enfiler par sa partie en surépaisseur dans le trou qui lui est destiné à l'objectif. Sur son petit côté, fixe alors le dispositif de redressement faisant office de tube coulissant II et assez fortement pour qu'il ne subsiste aucune brèche entre les tubes. Et finalement, au titre de tube coulissant III, tu fixes le tube coulissant avec son oculaire et fortement aussi sur le précédent tube coulissant II. Ici l'oculaire ne doit plus dépasser un petit peu comme à la lunette d'approche de Kepler du chapitre 94; mais au contraire il doit être enfoncé complètement dans le tube coulissant jusqu'au bord de la monture de lentille oculaire. Ta nouvelle lunette d'approche est donc terminée.

Si tu tiens ta lunette d'approche de Kepler à grossissement 15 fois munie de son dispositif de redressement, tel que tu le vois faire par le fils de famille sur le croquis ci-contre, tu ne pourras pas voir grand-chose ni la régler avec précision, parce que l'image dansera probablement de-ci, de-là devant ton œil et tu ne pourras pas la tenir ferme. Une lunette d'approche à grossissement 15 fois grossit aussi, en vérité, les moindres mouvements de la main dans la même proportion de 15 fois. C'est pour cette raison que toutes les lunettes d'approche grossissant plus de 8 - 10 fois sont utilisées normalement avec un trépied. Si donc tu désires recevoir une image stable, il suffit que tu utilises ta lunette d'approche équipée du support à étrier de fixation. Pour cela, visse en premier lieu le gros écrou moleté 43 sur la tige filetée du support 42. Ensuite, visse le support avec sa tige filetée (avec précaution — pas de travers) dans le



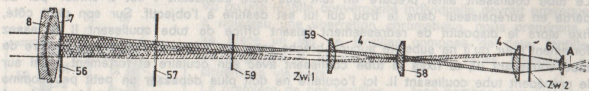
la pièce de raccordement universelle 12 sur la lunette d'approche. Et seulement maintenant, fixe le support sur la table, sur le dossier d'une chaise, sur le cadre d'une fenêtre, sur la latte d'une palissade ou à la branche d'un arbre, à l'aide de l'étrier de serrage. Aussitôt que tu auras dirigé ta lunette sur l'objet à observer, termine la fixation en vissant à bloc le gros écrou moleté 43 contre la lunette; ainsi cette dernière reste toujours réglée en direction de l'objet à observer.



91

104. Trajectoire des rayons dans la lunette d'approche de Kepler munie du système de redressement.

Sur le croquis tu peux voir comment deux faisceaux de rayons parallèles, l'un en pointillé, l'autre encadré d'une ligne continue, touchent par l'avant et presque dans le même sens les lentilles 8 et 7 de l'achromate d'objectif, puis tombent dans la lunette d'approche à travers le trou de l'obturateur 56.



Chacun des deux faisceaux de rayons converge sur un point de reproduction de la première image intermédiaire Zw1 inversée, après avoir passé à travers les deux obturateurs intercalaires 57 et 59. Après l'image intermédiaire Zw1 les faisceaux s'ouvrent à nouveau et parviennent — à travers le deuxième obturateur 59 — sur la première lentille convergente 4 du dispositif de redressement. Cette dernière réduit l'angle d'ouverture des deux faisceaux et, en outre, les dirige quelque peu vers le centre de la deuxième lentille convergente 4 du dispositif de redressement. Les deux faisceaux de rayons se croisent très près derrière le petit obturateur 58 du dispositif de redressement qui succède à la deuxième lentille convergente 4 du dispositif de redressement. Et, par la déflexion (déviation) dans cette lentille, les deux faisceaux de rayons deviennent à nouveau plus étroits.

Chacun des deux faisceaux se concentre en un point de reproduction de la deuxième image intermédiaire Zw2 droite, après avoir été dévié quelque peu vers l'axe de la lunette d'approche et raccourci en même temps par la ligne de champ. Derrière la deuxième image intermédiaire Zw2 les faisceaux de rayons se dirigent — en s'ouvrant à nouveau — sur la lentille oculaire 6 de l'oculaire Huygens faisant office de loupe, et chacun des deux faisceaux quitte cette dernière sous la forme d'un étroit faisceau de rayons à trajectoires parallèles : à la suite de quoi tous les faisceaux de rayons se croisent au point A un peu derrière la lentille 6. C'est sur ce point appelé « pupille de sortie » (voir chapitre 92) que devrait se trouver la pupille de l'œil de l'observateur pour que l'image soit vue complètement et dans les meilleures conditions.

Comme tu peux le constater, l'angle entre les deux faisceaux de rayons sortant de l'oculaire est beaucoup plus grand que celui entre les faisceaux qui entrent dans l'objectif, et c'est bien là-dessus que repose le grossissement. L'ouverture de l'angle d'entrée (incident) n'est pas bien visible sur le croquis. C'est pourquoi — pour le rendre plus net — tu peux dessiner les rayons médians des deux faisceaux et les prolonger sur la gauche, en reliant pour ce faire les deux points d'intersection de l'image intermédiaire Zw1 avec le centre de la lentille 8, et en prolongeant ces lignes sur la gauche hors de la lunette d'approche.

Le diamètre d'obturateur de ton oculaire Huygens apparaît à ton œil sous un angle optique d'environ 28°. Ta lunette d'approche de Kepler munie du dispositif de redressement comporte avec cet oculaire un champ de vision d'environ 33 mètres à une distance d'un kilomètre. Car il grossit 15 fois. Le professionnel dirait que c'est une lunette d'approche de 15 x 12 (grossissement 15 fois et 12 mm de diamètre dégagé de l'objectif). Par contre, ta lunette d'approche de Kepler du chapitre 94 est un télescope de 6,5 x 12. Par suite de son plus faible grossissement, son diamètre de champ de vision est naturellement plus étendu et comporte environ 76 mètres à une distance d'un kilomètre.

105. Comment le système de redressement contribue-t-il au grossissement ?

C'est au dispositif de redressement de l'image que tu es redevable de l'augmentation du grossissement de 6,5 fois à 15 fois de ta lunette d'approche de Kepler ; car, dans les deux modèles, objectif et oculaire sont les mêmes. Tu désirerais savoir maintenant par quelle voie le système de redressement augmente en même temps le grossissement. On peut comprendre cela aisément si, pour son explication, on part d'une lentille à redressement individuelle au lieu du système de redressement.

Sur le croquis ci-contre tu peux voir comment une simple lentille convergente dévie des rayons partant d'un point de la surface d'un objet G à gauche de la lentille. Il y est dessiné cinq cas qui ne se différencient entre eux que du fait que G est poussé chaque fois un peu plus près de la lentille.

Dans le cas A les rayons arrivent parallèlement du fait que l'objet est à un éloignement infini.

Le point H — sur lequel les rayons venant de G se réunissent derrière la lentille — en un point de l'image qu'elle a projetée — se situe dans ce cas sur le foyer arrière de la lentille.

Dans le cas B — les rayons arrivent d'un objet G qui n'est pas éloigné à l'infini mais qui se situe toutefois à plus de deux distances focales devant la lentille. Pour de tels rayons, H se trouve plus loin qu'une, mais moins loin que deux distances focales derrière la lentille (voir aussi chapitre 76).

Dans le cas C — G se situe exactement à deux distances focales devant la lentille. Dans ce cas, H se situe exactement à deux distances focales derrière la lentille (voir également chapitre 100).

Dans le cas D — G se situe à moins de deux mais à plus d'une distance focale devant la lentille. Quant à H

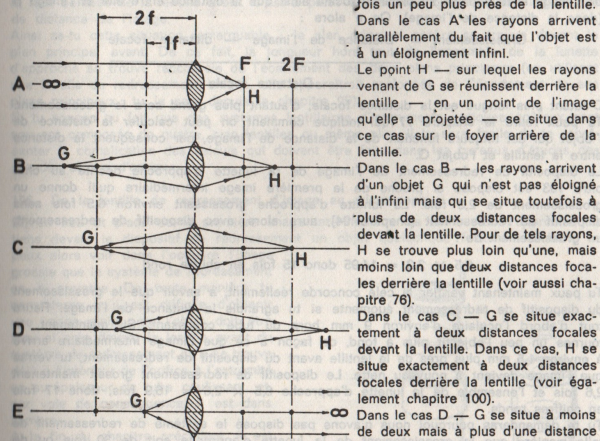
il se situe alors à plus de deux distances focales mais pas toutefois à l'infini derrière la lentille.

Dans le cas E — G se trouve exactement à une distance focale devant la lentille. Les rayons quittent la lentille parallèlement et ne se rencontrent plus jamais, parce que H se situe à l'infini.

Si G se trouve à moins d'une distance focale devant la lentille, alors les rayons se dispersent également après avoir quitté la lentille, mais néanmoins dans une moindre mesure que ce n'était le cas devant la lentille.

Tu connais déjà par le chapitre 72 les raisons pour lesquelles les images apparaissant en H sont à l'envers.

Tu pourras relire le chapitre 75 indiquant comment on peut calculer la dimension de



104. Trajectoire des rayons dans la lunette d'approche de Kepler (sans le système de redressement)

l'image aérienne pour le cas A du croquis ci-dessus. Tu constateras que dans ce cas les images sont plus petites que la représentation de l'objet lui-même. Etant donné que, dans le cas C, la représentation est exactement aussi grande que l'objet (tu sais déjà cela par le chapitre 100), tu seras à même de comprendre que dans le cas B la représentation n'est pas aussi petite que dans le cas A, mais qu'elle n'est pas non plus aussi grande que dans le cas C. Manifestement, la représentation devient plus grande lorsque G se trouve plus proche de la lentille. Dans le cas D, l'image devrait, par conséquent, être déjà plus grande que l'objet lui-même. En vérité, ces réflexions concordent. Si, pour indiquer le grossissement, tu désignes le chiffre par lequel tu dois multiplier la hauteur de l'objet G afin d'obtenir la hauteur de l'image en H, tu peux alors calculer le grossissement d'une lentille de redressement de l'image si tu connais sa distance focale ainsi que la distance entre elle et l'image H (donc la distance de l'image). On a alors :

$$\text{Grossissement} = \frac{\text{Distance de l'image} - \text{distance focale}}{\text{Distance focale}}$$

Distance focale

D'autant plus longue est la distance focale, d'autant plus grand sera le grossissement. Tu peux relire le chapitre 77 qui indique comment on peut calculer la distance de l'objet qui est toujours fonction de la distance de l'image, par conséquent la distance entre la lentille et l'objet G.

Le dispositif de redressement de l'image de ta lunette d'approche décrite au chapitre 103 est disposé si proche de la première image intermédiaire qu'il donne un grossissement de 2,3 fois. La lunette d'approche grossissant environ 6,5 fois sans dispositif de redressement (chapitre 94), aura alors, avec dispositif de redressement, un grossissement de :

$$6,5 \times 2,3 = 14,95 \text{ donc } 15 \text{ fois en chiffre rond}$$

Tu peux maintenant vérifier si cela concorde réellement, à savoir que le grossissement du dispositif de redressement augmente si tu agrandis la distance de l'image. Retire tout d'abord l'oculaire d'environ 9 mm hors du tube coulissant. Si, maintenant, tu tournes un peu l'objectif plus à fond, de façon à ce que l'image intermédiaire arrive à environ 1,5 mm plus près de la lentille avant du dispositif de redressement, tu verras que l'image devient à nouveau nette. Le dispositif de redressement grossit maintenant 2,6 fois et l'ensemble de la lunette d'approche $6,5 \times 2,6 = 16,9$ fois, donc 17 fois en chiffres ronds.

Tu te demanderas pourquoi nous n'avons pas disposé le système de redressement de telle manière que le grossissement de la lunette d'approche soit de 30 fois ou de 50 fois ; cela aurait dû être certainement possible. A cette question tu y répondras toi-même aisément si tu te souviens du chapitre 92 : avec un fort grossissement, la pupille de sortie devient toujours plus petite, et donc l'image toujours plus sombre. A quoi donc servirait le plus fort grossissement si l'on ne devait plus pouvoir reconnaître les détails de l'image ? Sois donc consolé et enfonce l'oculaire à nouveau complètement dans le tube coulissant ; car un grossissement de 15 fois se trouve être le plus favorable pour ta lunette d'approche.

Encore quelques remarques pour ceux d'entre vous qui désirent tout savoir à fond (tu peux sauter les quatre paragraphes suivants et continuer à lire tout de suite le chapitre 106). Si tu observes la trajectoire des rayons représentée au chapitre précédent, tu seras peut-être surpris que l'image intermédiaire se trouve si proche (environ 10,5 mm) devant la face plane de la lentille avant du système de redressement, alors

que, d'après ce que tu sais du chapitre 77, l'image devrait se situer à 30 mm de distance focale et 2,3 de grossissement (donc une distance d'image de 99 mm) du système de redressement, soit à environ 43 mm devant la lentille de redressement de l'image. L'explication en est très simple. L'image intermédiaire se situe réellement à environ 43 mm « avant le système de redressement ». Que, dans ce cas, elle ne se trouve qu'à environ 10,5 mm seulement avant la face plane de sa lentille avant, cela tient au fait que l'endroit à partir duquel on compte, à savoir le plan principal arrière du système de redressement (chapitre 99), se situe tout près devant la lentille arrière. Etant donné que le système de redressement se compose de deux lentilles identiques disposées en ordre catoptrique (réfléchissant la lumière), le plan principal arrière du système de redressement se situe aussi en ordre catoptrique dans ce cas, donc tout près derrière la face bombée de la lentille avant. C'est à partir de ce point que comptent les 99 mm de distance de l'image.

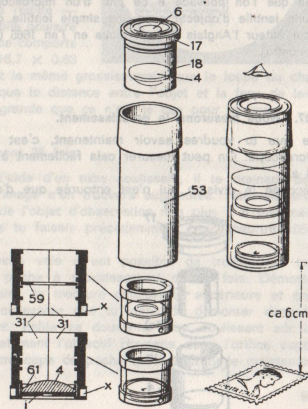
Ainsi as-tu cette situation remarquable : le plan principal arrière se trouve devant le plan principal avant. De ce fait, la longueur hors tout de l'ensemble de la lunette d'approche se trouve raccourcie de l'écartement des deux plans principaux (en utilisant une lentille de redressement unique, elle apparaîtrait prolongée de l'écartement de ses plans principaux ; tu le sais depuis le chapitre 99).

Si tu songes au fait que des systèmes lentillaires d'instruments optiques coûteux sont souvent composés de quatre, cinq lentilles ou même plus, il te sera facile de te représenter la complication des calculs qui doivent être faits dans les bureaux d'études des grandes usines d'optique.

106. De la lentille de redressement d'image au microscope.

Si, en lieu et place de la première image intermédiaire de la lunette d'approche, tu tiens devant le dispositif de redressement un objet quelconque fortement éclairé, tu peux alors voir dans l'oculaire l'image grossie que le système de redressement en a projetée. De toute manière tu constateras qu'il est difficile d'obtenir une image claire, car l'objet doit être tenu si près devant la lentille avant du système de redressement qu'il se trouve déjà à l'intérieur de l'orifice à l'extrémité en surépaisseur du tube coulissant, et, par voie de conséquence, il est dans l'ombre.

A la fin du chapitre précédent, il est expliqué que la distance de l'objet à une lentille de redressement est plus grande que la distance de l'objet à la lentille avant du système de redressement composé de deux lentilles, tel que tu le possèdes. C'est pourquoi nous allons poursuivre nos essais à l'aide d'une lentille unique de redressement au lieu de les faire avec le système de redressement ; cette lentille, nous la nommerons lentille d'objectif parce qu'elle travaille maintenant en tant que lentille faisant face à l'objet. Si tu veux l'assembler avec l'oculaire sous la forme



d'un microscope (ce qui signifie : voir petit), les croquis te montrent comment tu dois procéder.

Tu prépares deux montures coulissantes composées chacune de deux demi-coquilles 31 : dans l'entaille « s » (chapitre 98) de la première (l'inférieure) tu poses de l'extérieur vers l'intérieur : 1) le petit disque obturateur découpé sur le tableau des découpages (« i » trou de 3 mm), 2) une lentille convergente 4 qui repose par sa face plane sur le petit disque obturateur, et 3) un anneau (bague) de retenue 61. Puis ferme cette demi-coquille en la recouvrant de l'autre moitié 31 et pose le tout sur la table, le côté du trou repère « x » en bas. Si tu as bien exécuté ce montage, la face bombée de la lentille sera maintenant tournée vers le haut.

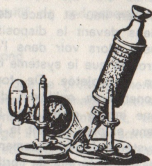
Puis vient se poser dessus une deuxième monture coulissante — le côté du trou repère également en bas — et dans la rainure « u » de laquelle avait déjà été disposé un petit obturateur II à trou de 10 mm (pièce 59).

Introduis — d'en haut — sur ce montage, un tube coulissant 53 par son petit côté et ce jusqu'à ce que sa base heurte la table.

Finalement, mets l'oculaire Huygens dans l'orifice — côté en surépaisseur — du tube coulissant (chapitre 89). Ton petit microscope est alors terminé.

Tiens-le maintenant à environ 6 cm au-dessus du texte de ton livret-guide ou d'un timbre-poste. A la bonne distance, tu aperçois une image fortement grossie que tu n'obtiens habituellement qu'au moyen d'une loupe approchée de très près. Mais, de toute façon, l'image est à l'envers.

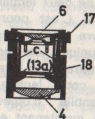
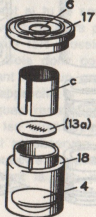
Le premier microscope a été construit probablement en l'an 1590 par le lunetier néerlandais Zacharias Jansoon, de Middelburg (province du Seeland). Et la plus ancienne illustration que l'on possède à ce jour d'un microscope combiné d'une lentille d'objectif avec une simple lentille d'oculaire, a pour auteur l'Anglais Robert Hooke en l'an 1665 (voir croquis ci-contre).



107. Nous mesurons le grossissement.

Ce que tu voudras savoir maintenant, c'est la capacité de grossissement de ton microscope. On peut mesurer cela facilement à l'aide des deux cadrans du micromètre 13 a.

Découpe la division qui n'est entourée que d'un cercle tout autour de ce cercle. La

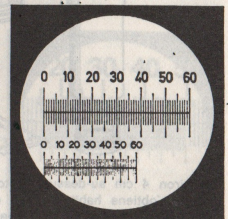


division ainsi obtenue est à poser dans l'oculaire Huygens comme le montrent les croquis. Après avoir enlevé la monture de lentille oculaire, pose la division dans la monture de lentille de champ, en haut sur le bord du trou d'obturation (si elle repose de travers, ajuste-la à l'aide de la pincette 21). Pour qu'elle ne puisse pas tomber dans l'oculaire, prends la bande noire « c » (que tu as déjà découpée précédemment sur le tableau des découpages), roule-la (face noire à l'intérieur), puis introduis-la dans la monture de lentille de champ (si tu as égaré la bande « c » il suffira d'un morceau de papier épais de 14,5 x 48 mm). Ceci fait, remets la monture de lentille oculaire — avec sa lentille oculaire — sur la monture de lentille de champ. Tu possèdes ainsi un oculaire Huygens avec micromètre d'oculaire.

Le terme micromètre signifie exactement millièmième de mètre, ce qui revient à dire millième de millimètre. Chaque trait de ton micromètre d'oculaire correspond à 100 micromètres. En d'autres termes : ta division micrométrique a 6 mm de long. Et chaque millimètre est subdivisé en 10 parties.

Du fait que ton micromètre d'oculaire est situé sur le bord de l'obturateur, il se trouve exactement là où — le réglage étant précis — apparaît l'image intermédiaire projetée par l'objectif. Tu vois donc la division en même temps que l'image intermédiaire avec netteté et grossies d'environ 16,7 fois par la lentille oculaire 6 faisant office de loupe.

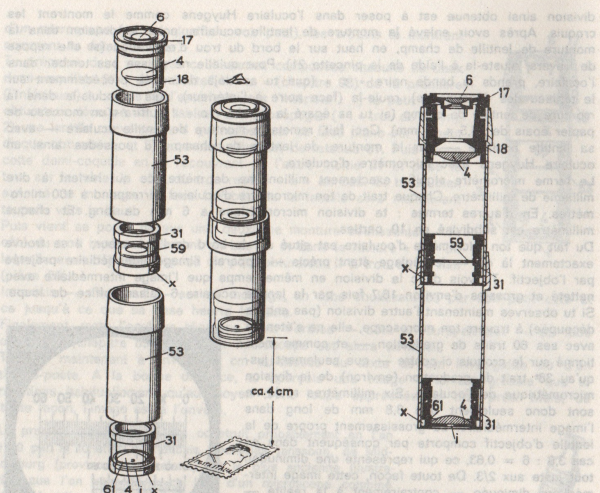
Si tu observes maintenant l'autre division (pas encore découpée) à travers ton microscope, elle ne s'étendra avec ses 60 traits de graduation — et comme mentionné sur le croquis ci-contre — que seulement jusqu'au 38^e trait de graduation (environ) de la division micrométrique de l'oculaire. Six millimètres réels ne sont donc seulement que 3,8 mm de long dans l'image intermédiaire. Le grossissement propre de la lentille d'objectif comporte par conséquent dans ce cas $3,8 : 6 = 0,63$, ce qui représente une diminution tout juste aux $2/3$. De toute façon, cette image intermédiaire diminuée — contrairement à la réalité — sera vue grossie 16,7 fois à travers la lentille oculaire faisant office de loupe. Ton petit microscope comporte donc un grossissement global d'environ $16,7 \times 0,63 = 10,5$ fois. Il a ainsi approximativement le même grossissement que la loupe du chapitre 96, mais avec l'avantage toutefois que la distance entre l'objet et la face de lentille qui lui fait face est beaucoup plus grande que ce n'est le cas pour la loupe.



108. Microscope de poche à grossissement 35 fois.

Si tu allonges ton petit microscope à l'aide d'un tube coulissant, il te donnera des images plus grandes, car sa distance d'image s'en trouvera augmentée. Naturellement, tu devras approcher la lentille d'objectif de l'objet d'observation non plus à 6 mm mais bien à 4 cm près, par rapport à ce que tu faisais précédemment (voir chapitre 105). Mais tu peux l'envisager sans difficulté.

Sur les croquis, tu apprendras par quelle voie il est possible de transformer ton petit microscope en un microscope de poche à grossissement de 35 fois. Démonte hors du tube coulissant à la fois l'oculaire, la monture coulissante supérieure et son obturateur 59. Introduis cette monture coulissante que tu viens de démonter dans le petit côté d'un deuxième tube coulissant. Enfile ce deuxième tube coulissant sur le premier au titre de rallonge et mets finalement l'objectif Huygens dans l'orifice supérieur du deuxième tube. Et voilà, ton microscope de poche est fini. Tiens-le maintenant

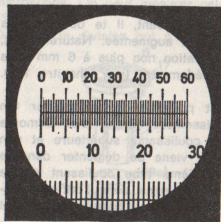


à environ 4 cm au-dessus de ton livret-guide, tu verras une image fortement grossie que tu n'obtiens habituellement qu'avec une loupe approchée de très près. Mais, de toute façon, l'image est inversée.

Si tu possèdes encore ton micromètre d'oculaire dans son oculaire, tu pourras mesurer également le grossissement de ton microscope de poche. Regarde la croquis : tu y vois maintenant 28 traits de graduation de la division placée sous le microscope et qui coïncident dans l'image intermédiaire avec 60 traits de graduation de la division de l'oculaire. 2,8 mm réels deviennent donc 6 mm de long lorsqu'ils sont reproduits dans l'image intermédiaire. Ceci correspond à un grossissement propre de l'objectif de environ $6 : 2,8 = 2,14$. A cela s'ajoute encore le grossissement de loupe de la lentille oculaire de l'oculaire par 16,7 fois. En sorte qu'il résulte un grossissement global d'environ :

$$16,7 \times 2,14 = 35,7 \text{ fois}$$

A l'aide de la division du micromètre d'oculaire, tu es à même de mesurer également les objets vus sous leur grossissement. Tu le sais, un trait de graduation de la division d'oculaire correspond à 1/60 de



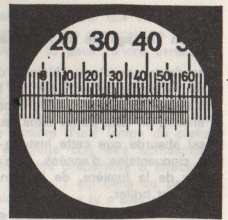
98

2,8 mm de la réalité, vue, par conséquent, à 0,0467. Naturellement au lieu de 0,0467 mm, tu prononceras de préférence $46,7 \mu$ (μ est prononcé mu grec et signifie pour le microscopicien un millionième de mètre ; au sens exact il devrait écrire μm). $46,7 \mu$ est la dénomination de la valeur micrométrique de ton microscope. Avec cette « valeur » il te suffit pour obtenir la longueur réelle d'un objet, de multiplier le nombre des traits de graduation indiqués pour un objet par la valeur ci-dessus.

109. Nous mesurons le système de redressement.

Naturellement, grâce aux divisions de ton micromètre, tu peux également mesurer la capacité de grossissement du dispositif de redressement d'image dans ta lunette d'approche de Kepler (chapitre 103). Pour cela, laisse le micromètre dans l'oculaire, avec sa graduation. Mais maintenant tu vas découper l'autre division du micromètre 13 a ; elle est englobée dans deux cercles, mais si tu la découpes tout autour du cercle extérieur, puis la poses dans la rainure « u » d'une monture coulissante faite de deux demi-coquilles 31, cette monture étant à introduire (côté sans trou-repère en avant) dans le premier tube coulissant (1) et ce de la même manière que tu as procédé en son temps pour la lamelle d'écran mat du chapitre 74.

Cette division se trouve alors exactement à l'endroit de la première image intermédiaire et peut être ajustée par un léger décalage de telle façon qu'elle apparaisse reproduite avec netteté, après montage des tubes coulissants (II) et (III) dans l'oculaire de la lunette d'approche. (Les chiffres romains entre guillemets se réfèrent au premier croquis du chapitre 103.) Tu la vois simultanément avec la division se trouvant dans l'oculaire. Tu constateras alors que 10 traits de graduation (donc 1 mm) de la première image intermédiaire font, dans la deuxième image intermédiaire, environ 17,2 traits de graduation, soit 1,72 mm. Etant donné que la lentille de champ diminue la deuxième image intermédiaire aux 3/4 de sa dimension propre, nous devons alors multiplier 1,72 par 4/3, ce qui donne environ 2,29 et concorde pratiquement avec le grossissement donné de 2,3 fois.



110. Nous mesurons le clocher d'une église avec le réticule.

Pour cet essai, il est préférable que tu sortes à nouveau la division qui se trouve devant le système de redressement. Le film sur lequel elle est posée termit par trop l'image ; car les tennissures aussi sont grossies avec le reste. Dans l'oculaire elles gênent moins, en sorte que s'il ne s'agit pas en l'occurrence de voir de très fins détails, tu peux faire appel pour ta lunette d'approche au micromètre d'oculaire faisant fonction de réticule (= plaque graduée).

Grâce à cette division graduée tu peux faire un essai avec un ami, par exemple, qui regarde avec toi à tour de rôle dans la lunette d'approche consolidée sur son support ; demande-lui de fixer son attention sur une image bien déterminée, prie-le de regarder la fenêtre, elle se situe au trait 13.

99

A l'aide des graduations tu peux mesurer des écarts de distances, si tu connais l'éloignement des objets observés. Pour un éloignement de 1 km le champ de visée comporte environ 33 mètres de diamètre (voir chapitre 104). Vu que l'écart de deux traits comporte 1/80 du champ de visée, il en résulte que deux objets vus l'un près de l'autre sous 1 espacement de traits sont éloignés de 41,25 cm l'un de l'autre ; étant entendu que leur éloignement de la lunette d'approche est de 1 km et que la ligne de jonction entre les deux objets passe exactement transversalement par rapport à l'axe de la lunette d'approche.

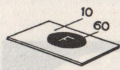
Malheureusement, pour des objets qui sont vus l'un à côté de l'autre, ce n'est pas toujours le cas ; car il est souvent très difficile de reconnaître s'ils ne se situent pas aussi un peu l'un derrière l'autre.

Pour la hauteur d'un objet cela va déjà beaucoup mieux : du fait que murs de maisons, arbres et cheminées ont une position verticale. Pour la mesure de hauteurs tu places simplement la division en position verticale dans l'oculaire, et ce en tournant l'oculaire. Tu peux bien penser, par conséquent, que par double éloignement d'objets, la distance annoncée par les écarts entre traits se double également, etc., en sorte que tu peux te préparer un tableau pour une gamme de distances. Elle pourra être utilisée en sens inverse aussi : par exemple, si tu connais la hauteur du clocher d'une église, tu pourras lire sur ton tableau à quelle distance il est perché.

111. On emmagasine de la lumière.

Sans doute connais-tu l'histoire de ces nigauds qui, en construisant leur hôtel de ville, avaient omis de lui ménager des fenêtres, et qui, pour remédier à cette carence, n'avaient rien trouvé de mieux que de capter de la lumière dans des sacs qu'ils nouaient aussitôt et allaient en hâte porter dans leur sombre hôtel de ville.

Aussi absurde que cette histoire de transport de lumière ait pu paraître il y a encore une cinquantaine d'années, il n'en reste pas moins qu'il est possible aujourd'hui de capter de la lumière, de la transporter dans une chambre sombre et là, de la faire réellement briller.



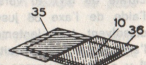
Essaie donc d'exposer l'écran lumineux 10 sous une vive lumière et contemple-le ensuite dans un coin sombre, tu verras comme il rayonne à nouveau la lumière emmagasinée et avec quelle intensité.

Lorsque tu poses l'obturateur à fente F (pièce 60) sur cet écran, au moment où il est en train d'absorber de la lumière, tu constateras ensuite que les parties qu'il recouvrait ne brillent plus, et cela bien que tu aies enlevé l'obturateur à fente dans un endroit sombre. Il subsiste seulement une tache sombre avec un « F » lumineux dans le milieu.

112. Conversion de la couleur lumineuse.

Pose donc maintenant l'écran jaune 35 et l'écran bleu 36 chacun sur une moitié de l'écran lumineux 10 que tu soumetts à une lumière vive. Sur quelle moitié va-t-il absorber le plus de lumière ?

Lorsque, dans un endroit sombre, tu auras enlevé les deux écrans colorés, tu constateras que c'est la lumière traversant l'écran bleu qui a influé le plus sur l'écran malgré que cette couleur soit plus sombre que la lumière jaune. Toutefois, la lumière reflétée semble plus claire par la lumière jaune. Si, lors de l'exposition à la lumière, tu recouvres l'écran avec l'écran bleu et lors de la réflexion avec l'écran jaune, il éclairera presque aussi vivement que sans les écrans. Si tu fais l'inverse, alors l'écran reste à peu près sombre. Par conséquent, l'écran lumineux capte de préférence la lumière bleue, mais il rend en compensation de la lumière jaune principalement.



113. Nous rendons du papier sensible à la lumière.

Dans l'écran lumineux les points frappés par la lumière pâlisent, après avoir brillé vivement, et cela sous un court laps de temps. Il existe toutefois un papier sensible à la lumière dont les parties touchées par la lumière se colorent définitivement. Lors d'une prise de vue (exposition), le papier photographique devient sombre aux endroits frappés par la lumière (et souvent seulement après qu'il a été « développé » dans une solution). Après l'exposition et avant que le papier puisse être examiné au grand jour, il faut naturellement que les endroits non frappés par la lumière perdent leur sensibilité. A cet effet, la feuille de papier est « fixée » dans une solution.

Nous allons faire ce genre d'essais à l'aide d'un procédé simplifié, tel que celui appliqué à la fin du siècle dernier pour le tirage des épreuves de photos et des photocalques. A l'aide des produits chimiques qui sont joints au coffret d'optique, tu peux rendre sensible à la lumière tout bon papier à écrire.

Ce n'est pas très difficile, car, pendant que tu le prépares, cela ne gêne pas que l'éclairage de la chambre soit allumé. Toutefois cela ne doit pas être de l'éclairage au néon mais une lampe à incandescence et qui ne doit pas éclairer directement sur ta table de travail. De préférence, tu prépareras le papier à la lumière d'une lampe de plafond dont le rayonnement est adouci par un abat-jour. L'éclairage doit être suffisamment clair pour qu'on puisse lire sans difficulté. Voici maintenant les préparatifs à effectuer : Tu découperas en premier lieu au moins 16 morceaux de 5 x 7 cm dans du papier à lettre blanc. Tu peux t'en préparer une plus forte provision afin que tu n'aies pas à jeter inutilement une partie de la solution chimique qui ne se conserve pas.

Recouvre ensuite un tiroir ou le plancher d'une armoire de plusieurs couches de papier journal, pour que, par la suite, tu puisses faire sécher à l'ombre les bouts de papier imprégnés de la solution. Tout autour de cette place de travail, place aussi des papiers de journal pour éviter des taches sur le plancher. Tu prépares enfin un petit baquet avec de l'eau, une cuillère à soupe, et deux sous-tasses. Prends ensuite les deux petits tubes en verre 49 et 50 et, pour remuer la solution, un axe d'articulation 38.

Il y a lieu de préparer deux solutions, que tu verses ensuite l'une dans l'autre. En observant les tubes 49 et 50, tu seras surpris qu'ils ne soient que partiellement remplis. Ce n'est pas une erreur : la confection du papier sensibilisé à la lumière ne réussit, en effet, que si les solutions chimiques sont accordées quantitativement avec précision l'une par rapport à l'autre. Comme tu n'as certainement pas une balance de pharmacie sous la main, nous avons d'ores et déjà procédé au remplissage exact des éléments chimiques dans les verres, en sorte qu'une pesée t'est épargnée.

A 2 g de ferricyanure de potassium rouge (III) dilués dans deux bonnes cuillerées à soupe d'eau correspondent en effet 2,4 g de citrate de fer (II) ammoniacal dilués également dans deux autres bonnes cuillerées à soupe d'eau.

Tu verses donc en premier lieu deux cuillerées à soupe d'eau dans une sous-tasse. Puis tu prends le tube 50 avec le citrate de fer (III) ammoniacal (auparavant on le désignait par citrate de fer), tu verses alors le contenu dans l'eau de la sous-tasse et remues bien à l'aide de l'axe 38 jusqu'à ce que tous les granulés soient dissous. Si les granulés se dissolvent trop lentement tu peux les écraser — avec précaution — avec la tête de l'axe 38. Il faut ensuite préparer la deuxième solution. Dans l'autre sous-tasse également il y a lieu de verser deux cuillerées à soupe d'eau que tu tires du baquet.

Cette fois, aussi, tu verses le contenu du tube 49 avec le ferricyanure de potassium rouge (III) — auparavant on le désignait par ferrocyanure de potassium — dans l'eau de la deuxième sous-tasse. Ici également il faut remuer fortement jusqu'à ce que tous les granulés se soient dissous. Tu peux accélérer la dissolution en écrasant les granulés à l'aide de la tête de l'axe 38.

Pour terminer, tu verses le contenu de la deuxième sous-tasse dans la solution de la première sous-tasse et remues aussi longtemps que nécessaire pour obtenir un bon mélange des deux solutions. Les petits bouts de papier blanc préparés sont alors à tremper dans le mélange les uns après les autres. Laisser chaque bout baigner suffisamment longtemps (environ une minute) jusqu'à ce qu'il soit bien imbibé. Ceci fait il passe au séchage à l'ombre et le bout de papier passe au bain de la solution.

Lorsque enfin tous les bouts de papier imprégnés seront secs, tu les conserveras de préférence entre les pages d'un livre. Ils seront ainsi bien protégés contre la lumière et il se passera plusieurs jours avant qu'ils perdent leur sensibilité à la lumière. Lorsque tu feras place nette, n'oublie pas de bien rincer les sous-tasses et l'axe dans de l'eau.

114. Nous faisons de l'héliographie.

Par une journée ensoleillée et par ciel clair, il te sera possible dans les meilleures conditions d'éprouver l'efficacité de ton papier sensible à la lumière. En tout premier lieu, expose une de ces feuilles au soleil de manière à ce que les rayons solaires tombent droit dessus et non obliquement. Le tableau ci-dessous t'indique quels sont les temps d'exposition à la lumière, c'est-à-dire les temps de pose approximatifs.

Heures du jour ► Mois ▼	11 - 14 heures	10 - 11 14 - 15	9 - 10 15 - 16	8 - 9 16 - 17	7 - 8 17 - 18
Nov. - Déc. - Janv.	8 minutes	—	—	—	—
Octobre et février	6 minutes	8 minutes	—	—	—
Septembre et mars	4 minutes	6 minutes	8 minutes	—	—
Août et avril	3 minutes	4 minutes	6 minutes	8 minutes	—
Mai - Juin - Juillet	2 minutes	3 minutes	4 minutes	6 minutes	8 minutes

Temps de pose en minutes par plein ensoleillement et ciel clair

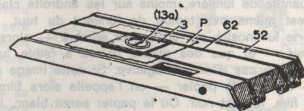
Le temps de pose est en effet fonction des saisons et des heures du jour, car le soleil ne brille pas toujours comme en un jour d'été à midi. Le tableau t'indique comment le manque d'éclairage peut être compensé par l'augmentation des temps de pose. Vois sur la case des mois quel temps de pose est donné dans la colonne pour l'heure

correspondante de la journée. Par une journée de mars par exemple à 10 heures et demie tu devrais exposer pendant 6 minutes, mais si le ciel n'est pas bleu et tout à fait clair, s'il est brumeux malgré l'ensoleillement, tu dois prévoir un temps de pose double.

Après l'exposition, mets le papier sensibilisé dans une cuvette d'eau pendant une demi-heure environ, couvre la cuvette afin que l'irradiation ne se poursuive pas au cours du développement. Remue énergiquement toutes les cinq minutes et renouvelle également l'eau si la cuvette est de petit format.

Tu peux maintenant sortir le papier et le faire sécher. Il est alors fortement coloré en bleu et n'est plus sensibilisé à la lumière. Naturellement, seuls les endroits qui ont été exposés sont devenus bleus. Les places qui étaient recouvertes pendant l'exposition sont redevenues blanches après l'immersion dans l'eau.

Pour en faire l'essai, pose une feuille de papier sensibilisé à la lumière sur le côté extérieur de la paroi arrière de la caméra 52 (le fond sur lequel repose le papier sensibilisé au cours de l'exposition, doit être noir, afin que des rayons lumineux le traversant ne soient pas réfléchis, et que les endroits qui doivent rester sombres ne reçoivent pas non plus de la lumière venant de l'arrière).



Sur le papier sensibilisé, disposer maintenant la grande division qui avait été découpée dans le micromètre 13 a ; l'anneau noir qui s'y trouve doit faire corps avec l'échelle graduée du cadran. Afin que le petit disque soit bien fixé, il est à recouvrir avec la plaque de verre 3, le tout consolidé par la bande de caoutchouc 62 avec laquelle tu avais entouré la paroi arrière 52.

Après le temps d'exposition l'anneau ne doit être vu qu'indistinctement tout d'abord. Mais, lorsque l'image a été immergée 10 minutes dans l'eau, les éléments chimiques commencent à se laver aux endroits non exposés à la lumière, alors que les endroits exposés se colorent en bleu. Après l'immersion dans l'eau et le séchage du papier, tu peux voir l'anneau distinctement sous forme d'une bague blanche sur fond bleu.

Et, là où s'est profilée l'ombre de la bande de caoutchouc, on peut voir des lignes blanches. Si tu as bien exécuté le temps de pose il te sera possible avec la loupe de détecter même des traits détachés de la division. Et fais encore quelques essais avec demi et double temps de pose.

Naturellement tu peux aussi tirer à plusieurs exemplaires (polycopier) des dessins que tu auras faits sur du papier sandwich diaphane ou du papier calque à l'aide d'encre noire (de Chine). Stylos et encre ordinaire ne conviennent pas. Cela va sans dire que, dans ce cas, il faudra prévoir un temps d'exposition plus long. Des dessins ainsi photocopiés sont appelés « bleus » ou « calques ». Après le bain dans l'eau et le séchage, ils peuvent être conservés à l'infini.

Tu voudrais naturellement savoir ce qui s'est passé exactement lors de l'exposition à la lumière et pendant le temps de développement. La matière (ou l'élément) sensible à la lumière est le citrate de fer ammoniacal. Ses caractéristiques chimiques opèrent une mutation lors de l'exposition à la lumière (l'élément ferrugineux trivalent qui est contenu dans une synthèse chimique se transforme (mute) en élément bivalent lorsqu'il est exposé à la lumière. Et l'élément ferrugineux bivalent combiné avec le ferricyanure de potassium donne une matière colorante bleue, non trivalente). Au moment de l'immersion dans l'eau, et par l'action du ferricyanure de potassium dissous, se développe alors une matière colorante aux endroits exposés à la lumière ; cette

matière colore le papier en bleu à ces endroits précis. D'autant plus intense a été l'irradiation (exposition à la lumière), d'autant plus cette matière colorante s'est déposée aux endroits correspondants. Ce phénomène de développement est absent des endroits non exposés à la lumière, en sorte que là les éléments chimiques sont lavés, exempts de résidus et c'est alors du papier blanc qui fait sa réapparition.

115. Nous allons photographier.

Sur un papier sensibilisé, exposé à la lumière et développé, tu peux observer des places claires et des places sombres. Sur les endroits très sombres il est tombé une grande quantité de lumière, moins sur les endroits clairs, et sur les places restées blanches il n'est même pas tombé de lumière du tout. Lorsque, sur une image, des places à forte luminosité ont un aspect sombre — alors qu'elles auraient dû être reproduites en clair — et que des places noires à faible luminosité ont un aspect blanc, on parle dans ce cas d'image négative. Si cette image négative apparaît sur un film transparent — au lieu de papier — on l'appelle alors film négatif. Là où le papier serait sombre, le film, lui, est noir. Où le papier serait blanc, le film présente des places transparentes. Un film négatif a un gros avantage par rapport à une image négative : grâce à lui on peut obtenir des images qui reproduisent exactement les points clairs et sombres du modèle primitif et que l'on nomme alors images positives. Pour ce faire, on pose un film négatif au-dessus d'un papier sensibilisé à la lumière (dit papier photographique) et on l'expose. La lumière qui traverse les endroits transparents du film négatif donne — après le développement — un aspect noir aux endroits correspondants du papier ; alors qu'aucune lumière ne peut atteindre le papier à travers les endroits noirs du film négatif, en sorte que — après le développement — le papier reste blanc sur ces points-là.

Par conséquent, l'image positive est également claire, aux endroits qui étaient clairs sur le modèle primitif. L'inversion qui se produit lors de l'exposition du film à la lumière, à savoir de blanc en noir (et de noir en blanc) se trouve à nouveau compensée lors de l'exposition du papier par une deuxième inversion de noir en blanc (de blanc en noir).

Lorsqu'on fait tomber sur la couche sensibilisée d'un film photographique l'image d'un objet que projette une lentille convergente (donc l'objectif d'un appareil photo), on obtient — après développement — un film négatif de la dite image. Et, à partir de ce film négatif, on peut tirer alors et à volonté de nombreuses images positives de cette image, sur papier photographique.

Un vrai film photographique a naturellement une sensibilité à la lumière beaucoup plus grande que le papier photographique que tu t'es confectionné toi-même. Ce vrai film ne doit être exposé à la lumière que quelques fractions de seconde seulement, lors des prises de vues ont lieu à la lumière solaire. Et il est plus durable aussi (sur les emballages des films il est indiqué jusqu'à quelle date ils peuvent être développés).

116. Un appareil photographique à miroir réflecteur (Reflex)

Sûrement t'es-tu depuis longtemps déjà réjoui à la perspective de construire l'appareil photographique « Reflex » dont la construction est annoncée au début du livret.

Nous en sommes maintenant arrivés au point où ton souhait va pouvoir se réaliser.

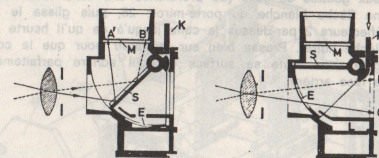
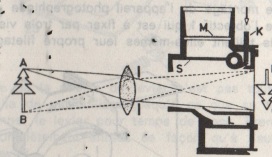
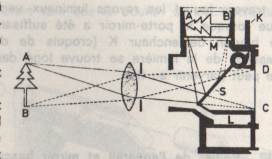
Les croquis ci-contre te montrent comment doit fonctionner cet appareil. Regarde tout d'abord le croquis du dessous. Tu y vois que, comme tout appareil photo, le tien possède à l'avant un objectif qui, peut être réglé de telle manière que l'objet AB — qui va être photographié — apparaît sur le film photographique sous la forme d'une image DC réglée avec précision. De toute façon, les rayons lumineux ne doivent atteindre le film que lorsque ce dernier sera exposé à la lumière. Entre temps le chemin vers le film doit rester fermé à la lumière. Mais comment peut-on alors déterminer — avant la prise de vues — ce qui viendra se fixer sur l'image et si le réglage est vraiment précis ?

Les appareils standards sont pour ce faire équipés d'un viseur qui reproduit approximativement la coupe de l'image que l'objectif de l'appareil capte aussi. Le réglage de distance est alors fait suivant des repères fixes, sans que pour autant l'on puisse se convaincre que l'image est bien nette aussi.

Mais il en va autrement pour l'appareil « Reflex ». Ici le vrai objectif de prise de vues fait office en même temps d'objectif du viseur. Aussi longtemps qu'il n'y a pas exposition à la lumière, un miroir-réflecteur « S » (croquis du dessus) dévie les rayons lumineux incidents vers le haut où ils tombent alors sur un écran-verre mat M. Le chemin de l'objectif au verre mat est donc exactement de même longueur que le chemin de l'objectif au plan du film.

Si, lors de la prise de vues, le miroir réflecteur est replié vers le haut, apparaît alors une image qui était réglée avec précision sur le verre mat (A' B') et également sur le film. (DC du croquis d'en bas). Ce que tu aperçois sur le verre mat de ton appareil est donc l'image reflétée (à côtés inversés) de l'image qui apparaîtra réellement sur le film, lors de la prise de vues.

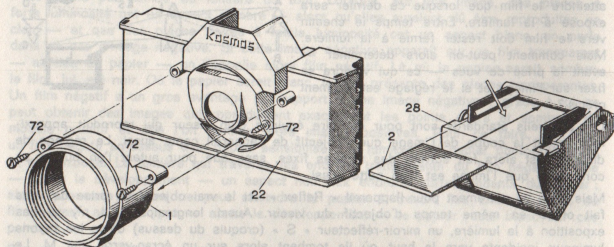
Naturellement il faudra se soucier que — au moment de l'exposition à la lumière et le miroir étant relevé — il ne puisse tomber de la lumière que de l'objectif sur le film, et non pas aussi de la lumière secondaire pénétrant à travers le verre mat. Comme on peut le voir sur le croquis, le porte-miroir comporte sur sa partie arrière — et pour la raison ci-dessus — une paroi arquée qui porte un orifice E de passage de la lumière,



à travers lequel les rayons lumineux venant de l'objectif ne peuvent parvenir au film que lorsque le porte-miroir a été suffisamment basculé vers le haut par pression sur le bouton déclencheur K (croquis de droite). En position de repos, l'orifice E de passage de la lumière se trouve logé dans la chambre L, de sorte qu'aucune lumière ne peut parvenir au film.

117. Boîtier de l'appareil et miroir basculant

Le montage de l'appareil photographique « Reflex » commence par l'anneau de retenue de l'objectif 1 qui est à fixer par trois vis de montage 72 au boîtier de la caméra. Les vis taillent elles-mêmes leur propre filetage dans la matière plastique.



On prépare ensuite le miroir basculant. Comme l'indique le croquis, dépose une ou deux gouttes de colle (de préférence une colle tous usages) sur la face repérée par une flèche blanche du porte-miroir 28, puis glisse le meilleur de tes deux miroirs réflecteurs 2 par-dessus la colle jusqu'à ce qu'il heurte le renforcement rond du fond (flèche noire). Presse bien sur le miroir pour que la colle se répartisse d'une façon égale sous toute sa surface et qu'il adhère parfaitement au porte-miroir par toute sa face arrière.

118. Obturation pour la pose.

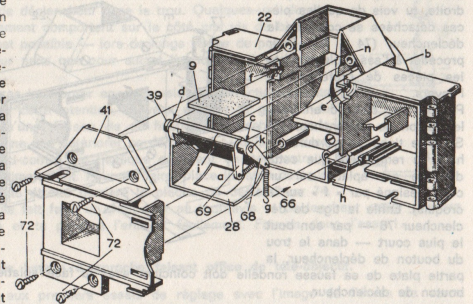
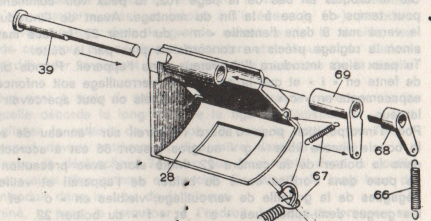
L'obturateur d'un appareil est prévu pour que le film ne soit exposé à la lumière que lorsqu'on le désire. Comme tu l'as appris au chapitre 116 la partie arrière du porte-miroir est une pièce essentielle de l'obturation de ton appareil. Mais il y a encore d'autres pièces composantes de l'obturation : le ressort de traction qui maintient l'obturateur fermé en position de repos, ainsi que l'axe autour duquel pivote le miroir basculant. L'obturation pour temps de pose permet d'exposer le film à la lumière aussi

longtemps que l'on veut. L'obturateur reste ouvert tant que le bouton de déclenchement est poussé.

Pour l'assemblage, enfile tout d'abord la goupille de verrouillage 39 — faisant office d'axe — dans le trou du porte-miroir 28 comme l'indique le croquis. Par l'autre bout, introduis le levier 69 pour temps de pose jusqu'au fond de l'extrémité saillante de la goupille de verrouillage, et veille à ce que le bras du levier soit sur le bon côté. Du fait que le perçage de la douille du levier n'est pas tout à fait cylindrique, tu devras retourner la goupille de verrouillage jusqu'à ce que sa tige aplatie ait trouvé sa place pour faire fonctionner le levier pour temps de pose. Prends soin que la goupille de verrouillage soit complètement enfilée de façon qu'à l'autre bout elle dépasse encore hors du trou du levier.

C'est sur cette extrémité saillante que vient se placer le levier de verrouillage 68, dont la languette doit appuyer sur la face aplatie de la goupille de verrouillage 39. Le levier de verrouillage doit être enfilé sur la goupille de verrouillage juste assez pour que son extrémité affleure la face extérieure du levier (voir lettre « k » sur le croquis ci-dessous). Tu t'en tireras très facilement si tu poses le levier de verrouillage sur la table par la face plate de son bras, et si, d'en haut, tu pousses la tête de la goupille de verrouillage 39 jusqu'à ce que l'autre bout de cette dernière heurte la table.

Suspendis maintenant un des deux petits ressorts 67 dans la boucle sur le côté du porte-miroir 28, tel que le croquis précédent le montre sous une forme agrandie. Cela se fera plus aisément en prenant le petit ressort 67 dans la main gauche et en suspendant sa boucle (à l'aide de la pincette 21 dans ta main droite) dans l'autre boucle du porte-miroir qui est devant toi sur la table (pour ce faire, poser le porte-miroir sur la table, sa partie ouverte en bas, de telle manière que la partie extérieure avec le trou carré de passage de la lumière te fasse face). Quant à l'autre bout du petit ressort 67, accroche-le dans le petit



trou du bras de levier 69 pour temps de pose. Pour terminer, suspends le gros ressort 66 par une de ses boucles dans le petit trou du levier de verrouillage 68.

Sur le croquis en bas de la page 102, tu peux voir comment se présente l'obturateur pour temps de pose à la fin du montage. Avant de l'introduire dans l'appareil, place le verre mat 9 dans l'entaille « n » du boîtier 22, la face mate du verre vers le haut, sinon le réglage précis ne concorderait plus par la suite.

Tu peux alors introduire l'obturateur dans l'appareil. Prends bien soin qu'il n'y ait pas de fente en « i » et que la goupille de verrouillage soit enfoncée de telle façon que les espaces en « c » et « d » par lesquels on peut apercevoir la goupille soient d'égale largeur.

Pour l'incorporation pose d'abord l'appareil sur l'anneau de retenue de l'objectif. Puis la boucle encore libre « g » au gros ressort 66 est à accrocher sur l'axe « h » situé dans le boîtier de la caméra 22. Mets alors avec précaution l'obturateur pour temps de pose dans l'orifice carré du boîtier de l'appareil et veille à ce que les sections dégagées de la goupille de verrouillage, visibles en « c » et « d », portent bien dans les gorges demi-sphériques « e » et « f » du boîtier 22.

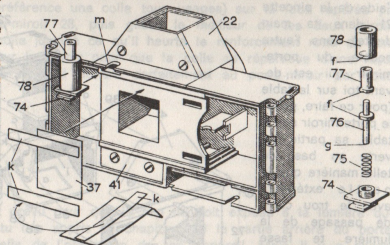
Suite à ce qui précède, opère une pression contre la partie intérieure du porte-miroir 28 de façon à ce qu'il bascule autour de son axe vers l'intérieur jusqu'à ce que le miroir soit placé sous le verre mat, et que toi — à travers le trou carré « a » du porte-miroir — tu puisses apercevoir l'orifice « b » de l'ouverture de l'objectif et par là même regarder au-dehors à l'avant de l'appareil. En ce moment, le petit ressort 67 est complètement tendu.

Et maintenant, introduis par l'avant l'index d'une de tes mains à travers le trou « b » et le trou carré « a » du porte-miroir et tiens ce dernier bien ferme dans sa position. De cette façon, et avec l'autre main, tu peux facilement mettre le guidage d'image 41 en place en partant de l'arrière. L'installation étant faite, tu retires ton doigt hors de l'ouverture de l'objectif, de manière à ce que l'obturateur s'enclenche en position de repos. Et tu visses à bloc le guidage d'image 41 à l'aide de 4 vis de montage 72.

119. Montage du déclencheur.

Sur le croquis ci-contre à droite, tu vois de quelles pièces détachées se compose le déclencheur (74 - 78). Pour procéder à l'assemblage, mets les pièces de préférence à l'envers.

Prends tout d'abord en main le bouton de déclencheur 77. Si tu le tiens sa bordure en haut, tu remarques que cette dernière est aplatie sur un côté (designé par « f » sur le croquis). Enfile la tige de déclencheur 76 — par son bout le plus court — dans le trou du bouton de déclencheur, la partie plate de sa fausse rondelle doit coïncider avec la face aplatie de la bordure du bouton de déclencheur.



Tiens maintenant la douille chapeau 78 grande ouverte vers le haut. Si tu l'examines attentivement tu verras qu'elle comporte aussi un méplat à l'intérieur (« f »). Introduis le bouton de déclencheur avec sa tige dans la grande ouverture de la douille, les méplats (parties aplaties) de ces trois pièces devant coïncider, et le bouton de déclencheur (pas la tige!) devant déborder largement hors de la petite ouverture de la douille chapeau.

Ces trois pièces assemblées sont à tenir de telle façon que la grosse ouverture de la douille chapeau — de laquelle déborde le long bout de la tige de déclencheur — soit située en haut et laisse glisser le ressort de pression 75 dans la douille par l'intermédiaire de la tige. Le ressort devant entièrement disparaître dans la douille.

Pour terminer, visse la plaque de déclencheur 74 avec son bout fileté dans la douille chapeau ainsi préparée (pour ainsi dire comme couvercle). Ce faisant, le long bout de la tige de déclencheur s'introduit dans le trou de la plaque.

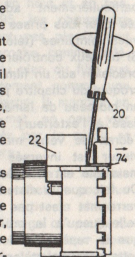
Le déclencheur étant terminé, tu peux le retourner à l'envers. Lorsque tu presses sur le bouton déclencheur, la tige réapparaît en bas, mais lorsque tu libères le bouton déclencheur, la tige doit rentrer et ne doit plus dépasser.

Si la goupille de déclié 76 ne peut pas être bien enfoncée, c'est probablement qu'une bavure marginale subsiste autour de la plaquette centrale de la goupille ; cette bavure est à gratter avec précaution à l'aide d'un couteau. Si, après le montage du déclencheur, l'extrémité « g » de la goupille de déclié 76 désaffleure néanmoins quelque peu, c'est que le ressort de pression 75 est trop court et doit être étré en conséquence.

Le déclencheur ainsi terminé est à glisser — le bout fileté de la plaque 74 en avant — dans le logement « m » du guidage d'image 41. Si maintenant tu presses sur le bouton de déclencheur, le miroir bascule vers le haut et tu peux regarder à l'extérieur vers l'ouverture d'objectif de l'appareil « Reflex » à travers le trou carré du guidage d'image.

Si tu veux savoir pourquoi le bouton déclencheur comporte encore une tige à l'intérieur, examine d'abord attentivement ce bouton de déclencheur. En haut, il possède un trou fileté dans lequel on peut visser n'importe quel genre de câble de déclenchement que l'on se procure dans le commerce. Mais ce câble ne peut fonctionner que s'il rencontre une tige de déclencheur dans le trou. Quelques-uns de ces câbles de déclenchement comportent sur le côté une vis de blocage, grâce à laquelle il est possible — lors de longs temps de pose — de lâcher le déclencheur sans que pour autant l'exposition à la lumière soit interrompue.

Par la suite tu pourras incorporer encore quelques perfectionnements à l'appareil. Si, dans cette intention, tu veux enlever le guidage de l'image, tu verras qu'une de ses vis de fixation est cachée par le déclencheur. Afin de ne pas détériorer ce dernier, si tu dois le retirer, consulte le croquis ci-contre qui l'indique comment on peut extraire le déclencheur très simplement. Pour ce faire, place la lame du tournevis 20 dans la fente étroite derrière la plaque de déclencheur 74. Aussitôt que tu auras fait faire un petit tour au tournevis le déclencheur entier glissera légèrement de côté et tu pourras l'enlever facilement. Fais-en donc l'essai !



120. L'objectif de la lunette d'approche faisant office de télé-objectif.

Avant de procéder aux premiers essais de réglage avec l'image de l'écran de verre mat, tu devrais protéger la face dépolie sensible, qui est tournée vers le haut, en disposant la lentille convergente carrée 47 s'ajustant exactement dans le cadre de vision.

Il en résulterait en outre une image beaucoup plus claire. Comme le fait la lentille de champ dans l'oculaire Huygens, la lentille convergente carrée — utilisée comme protectrice du verre mat — dirige sur l'œil les rayons marginaux de l'image du verre mat.

L'objectif « normal » proprement dit de l'appareil n'étant pas terminé, si, en attendant, tu désires visser l'objectif de la lunette d'approche de Kepler du chapitre 94 à l'anneau de retenue d'objectif 1 de l'appareil (l'objectif du chapitre 94 est le même qu'au chapitre 103, donc avec obturateurs incorporés — et tu auras à en extraire le tube collissant), il te sera possible après cela de faire un réglage précis de l'image d'écran de verre mat en opérant le réglage sur l'avant de l'objectif (il reste alors complètement serré).

Les télé-objectifs sont des objectifs comportant une longue distance focale. Ils sont ainsi nommés parce qu'ils donnent de plus grandes images que les objectifs standards et sont par conséquent particulièrement adaptés pour des prises de

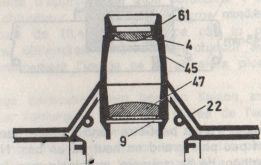
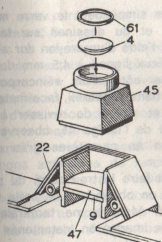
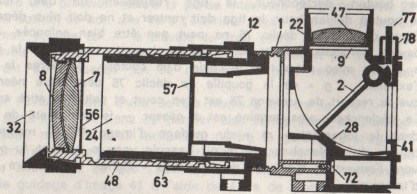
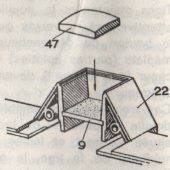
vues lointaines (télé signifie — au loin, par ex. télévision = vision au loin).

Si tu veux contrôler que l'image réglée avec précision serait également reproduite avec précision sur un film, tu as la possibilité de procéder comme déjà prescrit sur le premier croquis du chapitre précédent, à savoir coller devant le trou carré du guidage d'image 41 un morceau de lamelle de filtre mat 37 fixé à l'aide de la bande adhésive « K » (face lisse à l'extérieur). Au moment où tu presses sur le déclencheur, l'image réglée sur l'écran de verre mat se reproduit sur la lamelle de filtre mat. Alors que l'image du viseur est inversée latéralement, l'image de verre mat est naturellement à l'envers, mais elle est latéralement juste lorsque tu la regardes à l'envers.

Du fait que la distance à partir de l'anneau de retenue de l'objectif jusqu'à l'image de verre mat n'est pas exactement la même que celle de la pièce de raccordement universelle jusqu'à la première image intermédiaire de la lunette d'approche, il en résulte que le repère infini se situe maintenant à une autre position. Mais la distance entre cette dernière et les repères de distance reste encore valable maintenant. En retournant la pièce 24 sur la pièce 12 tu pourrais rendre utilisable la division de distance pour l'appareil photo. Mais cela n'a pas beaucoup de sens, parce que tu feras encore le réglage de précision d'après l'image de l'écran de verre mat.

121. Une loupe de réglage

montre que, même lorsque tu crois que l'image est déjà bien nette, il y a encore une marge pour un réglage encore plus précis. Naturellement, tu dois prendre garde que



simultanément avec le réglage de l'image tu vois avec netteté également la granulation du verre mat. Le verre mat est en effet d'une granulation si fine que tu peux d'ordinaire voir à travers par inadvertance et ton œil contrebalancer l'erreur de réglage (voir aussi chapitre 86). Il en résulte alors des images floues.

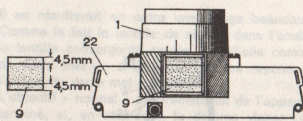
Les croquis montrent comment la loupe de réglage est assemblée. Il s'agit en l'occurrence de la partie supérieure de la loupe du chapitre 97 qui s'adapte exactement sur le cadre (ou tubulaire) de vision de l'appareil photographique.

Si tu as fait bien attention, tu auras certainement remarqué que, sur l'image de verre mat, il ne manque rien ni en haut ni en bas, contrairement à l'image de la lamelle de filtre mat. Lors de l'utilisation de l'objectif de lunette d'approche comme télé-objectif pour l'appareil photo, il en résulte qu'une bande de l'image se perd en haut et en bas. Quelle en est la cause ? Comme tu le sais depuis le chapitre 95, les obturateurs assombrissent l'image (on dit aussi obscurcissent) lorsqu'ils ne sont pas placés tout près de l'objectif. Si donc tu prends l'objectif de la lunette d'approche comme télé-objectif de la caméra, la lentille achromatique est alors si éloignée du plan du film que le trou carré de passage de la lumière au porte-miroir agit exactement comme une image intermédiaire. Comme il n'est pas tout à fait aussi haut que large, il manque en haut et en bas un morceau de l'image. Par contre, sur le verre mat, on peut voir l'image en totalité, parce que, là, les rayons lumineux sont détournés par le miroir et ne prennent pas le chemin à travers le trou de passage de la lumière.

Tu te demandes alors pourquoi on n'a pas adapté le trou de passage de la lumière pour qu'il convienne au télé-objectif. C'est simple : l'appareil a été construit pour un objectif standard, que tu vas d'ailleurs construire ultérieurement (à partir du chapitre 123). Lorsqu'on utilise cet objectif standard il n'y a aucune partie de l'image qui se perd. Le trou de passage de la lumière y est dimensionné de façon que l'obturateur pour temps de pose puisse faire fonction d'obturateur pour instantané également (voir chapitre 128).

Nous venons d'utiliser l'objectif de la lunette d'approche, mais brièvement, dans le seul but que tu te rendes compte du fonctionnement du viseur, sans avoir à construire auparavant un objectif normal. Abstraction faite du léger voile marginal, il donne de si bonnes images que tu l'appliqueras certainement comme télé-objectif plus tard.

Une petite astuce en supplément : profile-toi sur l'écran de verre mat, là où se situent les limites de l'image pour le télé-objectif. Le croquis ci-après te montre comment l'y prendre.



Tu enlèves simplement le verre mat de l'appareil, et tu dessines sur la face mate — à l'aide d'un crayon dur et bien taillé — deux lignes à 4,5 mm du bord de chaque côté. Puis réincorpore le verre mat dans l'appareil, face mate vers le haut ; et, avant de revisser à bloc le guidage de l'image 41, observe bien l'instruction en caractères gras de la page 123.

Entre-temps, il t'est peut-être venu à l'idée que l'on pourrait faire le trou carré du porte-miroir un peu plus grand en haut ou en bas. Naturellement, on obtiendrait de cette façon la disparition de la coupure marginale par le télé-objectif. Mais tu ne tarderais pas à t'en repentir, car plus tard tu ne pourrais plus prendre des images en instantanés avec aucun de tes objectifs. L'obturateur pour instantanés, que nous allons construire ensemble ultérieurement, ne serait en effet plus étanche à la lumière.

122. Indices d'obturation

Si, après que tu auras terminé la construction de l'appareil, tu veux tirer des images réussies, il te faut savoir quel est le volume de lumière qui doit de conformité passer de l'objectif dans l'appareil afin que les images obtenues ne soient ni trop claires ni trop sombres. Il t'est possible de modifier le flux de lumière de deux façons : en agissant sur le temps de pose ou en modifiant l'ouverture de l'obturateur (on entend par là le diamètre dégagé de l'objectif).

Le temps de pose s'indexe sans erreur possible en secondes ou fractions de seconde. Par contre, une indication du diamètre dégagé de l'objectif n'a pas bien de sens. La luminosité par laquelle un objet est reproduit sur le film est, en effet, fonction également de la distance entre l'objectif et le film, par conséquent de la distance de l'image. S'il faut la même luminosité quand l'image est plus lointaine, alors l'ouverture de l'obturateur doit être plus grande.

Pour pouvoir calculer des indices d'obturation comparables, on donne par conséquent le rapport de distance d'image à diamètre dégagé d'objectif au lieu du diamètre dégagé d'objectif seul.

Du fait que la distance de l'image pour réglage infini est égale à la distance focale, on obtient l'indice d'obturation comme suit :

$$\text{Indice d'obturation} = \frac{\text{Distance focale de l'objectif}}{\text{Diamètre dégagé de l'objectif}}$$

Notre objectif de lunette d'approche Kepler faisant fonction de télé-objectif comporte l'indice d'obturation 11 approximativement, du fait que sa distance focale est de 131 mm et le diamètre de l'obturateur de l'objectif de 12 mm.

La succession des indices d'obturation utilisables augmente de palier en palier d'environ 1,4 fois, elle s'inscrit donc par 8 - 11 - 16 - 22, etc. Il en résulte que, par indice d'obturation en hausse, le trou de l'obturation d'un objectif devient toujours plus petit. On a établi cette norme d'indices d'obturation telle quelle, car des taux intermédiaires n'auraient que peu de sens. C'est seulement en doublant la surface du trou d'obturateur (ce qui correspond à 1,4 fois le diamètre) ou en prenant la moitié de sa surface (ce qui correspond à 0,7 fois le diamètre) que des changements dans l'exposition à la

lumière sont perceptibles d'une manière sensible. Avant l'obturateur 8, se place donc l'obturateur 5,6.

Il donc tu enlèves de l'objectif de la lunette d'approche le gros obturateur 1 trou de 4 mm et mettais à sa place en tant qu'obturateur intermédiaire le gros obturateur 11 se situant loin derrière avec son ouverture de 16,4 mm (dans ce cas tu pourrais renoncer à un obturateur intermédiaire), tu obtiendrais ainsi un télé-objectif avec un indice d'obturation de 8 environ. Mais certainement l'image ne serait alors plus aussi nette (voir chapitre 95).

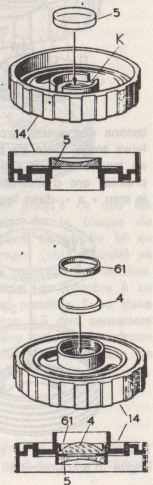
L'appareil donne la possibilité d'un réglage particulièrement bon en liaison avec les conditions ambiantes de luminosité, lorsque l'obturation peut être réglée de l'extérieur (donc le diamètre de l'ouverture d'obturateur de l'objectif). C'est pour cette raison que nous avons équipé ton appareil d'un objectif normal comportant un tel obturateur réglable, que tu apprendras à mieux connaître au chapitre 124. Avec lui tu peux régler tous les degrés d'obturation entre 5,6 et 22.

123. Objectif normal avec petit achromate.

L'objectif normal de ton appareil à miroir réflecteur n'est pas non plus une simple lentille convergente, mais un achromat. Il est constitué d'une lentille convergente 4 et d'une lentille divergente 5. La lentille convergente est placée en avant. Après l'assemblage, les faces planes des deux lentilles se situent à une distance d'au moins 0,8 mm l'une l'autre. Le petit achromat possède alors une distance focale de $f = 71,4$ mm.

Les deux lentilles sont mises dans la monture de lentilles antérieure 14. Comme le montre le croquis ci-contre, le montage débute par la mise en place de la lentille divergente 5 entre les deux supports semi-circulaires de la monture de lentilles antérieure 14. La face concave de la lentille divergente doit être dirigée vers le haut. Tu dois mettre et remettre la lentille en t'y reprenant en trois ou quatre fois, jusqu'à ce qu'elle soit bien en place (ce faisant, la surface à peine perceptible des nervures d'appui se placera d'oblique en position droite). Sinon, la lentille se soulève d'elle-même et n'a plus sa bonne assise droite, ce qui donne de mauvaises images. Avant la mise en place, verse encore une toute petite goutte de colle dans les intervalles entre les deux supports semi-circulaires (designé par K sur le croquis). Prendre garde qu'il n'y en ait pas trop, sinon la colle déborde sur les côtés. Mais n'en mets pas aux faces des lentilles, elles pourraient se détriorer (ne pas saisir une lentille avec des doigts collants). Ce collage a pour but de faire adhérer la face plane de la lentille divergente 5 par son bord seulement à la monture de lentilles 14.

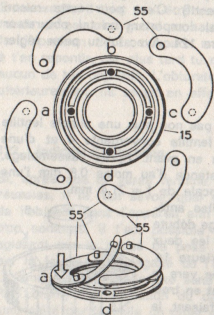
Retourne ensuite la monture de lentilles 14 munie de sa lentille, et place la lentille convergente 4 par l'autre côté de la monture, comme l'indique le croquis ci-contre. Sa face plane doit être bien assise sur le fond circulaire de la monture de lentilles, et un anneau de retenue 61 l'empêche — d'en haut — soit de vaciller, soit de s'échapper. Simultanément, l'anneau de retenue doit être fortement pressé en deux points opposés sur le bord de la lentille, à l'aide de la pincette 21 et du tournevis 20 ; sa position est bonne si son bord extérieur laisse un peu de dégagement tout autour de l'intervalle vers l'extrémité intérieure du filetage de la monture, et si la lentille ne peut plus branler.



124. L'Assemblage du diaphragme à iris.

Un diaphragme (obturateur) dont le diamètre d'ouverture peut être ou peut se modifier progressivement — comme c'est le cas pour l'iris de l'œil — est appelé diaphragme à iris. Il se compose de plusieurs plaquettes arquées se superposant (dites arcs d'obturation) et qui sont mobiles sur un côté.

Pour opérer le montage du diaphragme à iris pose la coquille fileté 15 devant toi sur une feuille de papier blanc, comme le montre le croquis ci-contre. Le trou placé le plus près de toi correspond sur le croquis au trou désigné par « d » et celui lui faisant face est le trou « b ».



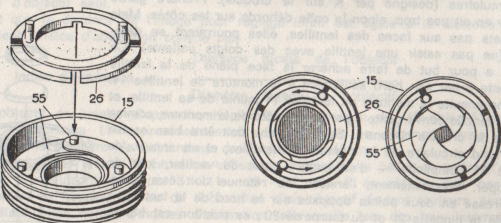
Prends maintenant un arc d'obturation 55 et pose-le par un de ses tenons dans le trou « b » (côtés avant et arrière de l'arc d'obturation sont identiques : peu importe donc par lequel des tenons tu l'introduis dans le trou « b »).

Le bout libre de cet arc d'obturation doit reposer de manière à recouvrir le trou « a ». Puis place le prochain Arc d'obturation dans le trou « c » par un de ses tenons, son bout libre devant reposer sur l'extrémité de l'arc d'obturation précédemment posé ; et finalement introduis le troisième arc d'obturation par un tenon dans le trou « d », là aussi son bout libre doit se situer sur l'extrémité de l'arc précédent.

Assure-toi — avec précaution, par un mouvement de va-et-vient des trois arcs d'obturation qui viennent d'être fixés — que leurs tenons réciproques tiennent bien dans leurs trous et non pas seulement dans la rainure voisine.

Finalement, c'est le quatrième arc d'obturation qui est mis en place. Ce faisant, fais bien attention que les

tenons des autres arcs d'obturation déjà en place ne sautent pas de nouveau hors de leurs trous. Cela ira bien, si tu presses avec le doigt sur l'arc d'obturation sous lequel se trouve le trou « b », puis que tu courbes un peu vers le haut l'extrémité libre du premier arc d'obturation (pas de crainte il ne cassera pas) et fasses découvrir ainsi le trou « a », dans lequel tu poses alors le tenon du quatrième arc d'obturation.

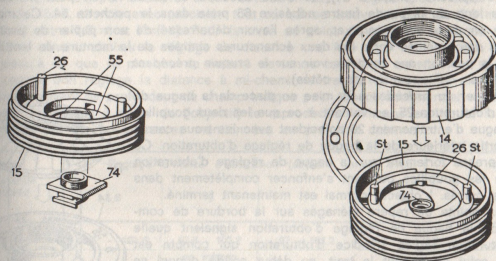


Comme l'indique le croquis de gauche, on procède maintenant au placement de la bague d'entraînement 26 en faisant en sorte que ses quatre échancrures s'engrènent

bien avec les quatre tenons saillants des arcs d'obturation. Les deux flèches sur le croquis du centre indiquent de quelle manière la bague d'entraînement doit être tournée à gauche par ses deux goupilles, afin que les arcs d'obturation s'emboîtent l'un dans l'autre et que l'orifice central qu'ils délimitent devienne de plus en plus petit. Si, après plusieurs mouvements de rotation de la bague d'entraînement, le trou au centre ne se présente pas sous l'aspect du croquis de droite, mais qu'il ait la forme d'un triangle ou d'une fente, c'est qu'un tenon d'un arc d'obturation a glissé hors de son trou, ce qu'il te sera facile de remettre en ordre.

La monture de lentilles 14 empêchera, avec ses lentilles dont elle est déjà munie, que le diaphragme à iris ne se désagrège. Tu ne dois pas toutefois l'incorporer aveuglément dans la coquille fileté, sinon il pourrait ne pas bien se laisser ouvrir et fermer, du fait que les goupilles de la bague d'entraînement ont auparavant déjà heurté à une extrémité de l'échancrure en forme de cintre. Afin de pouvoir utiliser à plein le diaphragme à iris par la suite, il devra comporter une toute petite ouverture bien déterminée lors de la mise en place de la monture de lentille 14.

Pour bien y parvenir, ouvre tout d'abord entièrement le diaphragme, puis place en son milieu la plaque de déclencheur 74 (déclencheur à y revisser encore une fois) avec sa

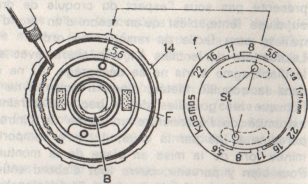


partie fileté vers le haut. Ferme le diaphragme avec précaution jusqu'à ce que les quatre arcs d'obturation enferment entre leurs bords le filetage de la plaque du déclencheur. Dans cette position, tu mets alors en place la monture de lentille 14 en faisant en sorte que les goupilles « St » de la bague d'entraînement (voir croquis) se situent exactement dans le centre de l'échancrure cintrée de la monture de lentilles. Puis presse fortement la monture de lentilles sur la coquille fileté, de manière à ce que les deux pièces dans cette position coulisent le plus loin possible l'une dans l'autre. Ceci fait, la coquille fileté ne doit dépasser que d'environ 2,5 mm seulement hors de la monture de lentilles, de façon à ce qu'on ne perçoive plus au maximum qu'une seule rainure de son filetage. Après ouverture du diaphragme, la plaque de déclencheur s'en va, et tu peux remonter le déclencheur encore une fois.

125. Réglage du diaphragme (obturation) à l'objectif normal.

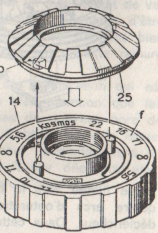
Afin que, plus tard, tu puisses régler l'obturateur à iris sur les indices mentionnés sur le tableau des temps de pose, découpe tout d'abord une échelle graduée « f » (cadran)

sur le tableau des découpages (l'autre exemplaire a été prévu comme remplaçant pour le cas où le premier se soit détérioré lors du collage). Naturellement tu ne dois pas la coller au hasard sur la monture de lentilles 14, car les indices d'obturation réglés doivent concorder. C'est pourquoi tu commenceras le réglage d'obturation sur la position 5,6 de la façon suivante : ouvrir entièrement le diaphragme (les arcs d'obturation doivent être complètement retirés en arrière) derrière la bague de réglage de l'obturateur. Puis ouvrir le diaphragme jusqu'au point où les arcs d'obturation ne sont tout juste pas encore visibles (flèche « B » sur le croquis). Tu peux alors coller l'échelle graduée ; dans cette position les deux goupilles « St » doivent se situer au début en coude du trait de repère, en l'occurrence l'indice 5,6 (voir côté droit du croquis).



Lors du montage de l'objectif de la lunette d'approche (chapitre 64), tu avais découpé et conservé un petit morceau de 1 cm de long de la bande feutre adhésive 63 prise dans la pochette 54. Ce morceau, coupe-le en deux maintenant, et, après l'avoir débarrassé de son papier de protection, colle ses deux moitiés entre les deux échancrures cintrées de la monture de lentilles 14, et dans la position que tu peux voir sur le croquis précédent (désigné par « F » sur un des côtés).

Pour terminer, tu procèdes à la mise en place de la bague de réglage d'obturation 25, en veillant à ce que les deux goupilles de la bague d'entraînement 26 coïncident avec les trous carrés de la partie inférieure de la bague de réglage d'obturation. Ce faisant, presse fortement sur la bague de réglage d'obturation afin que les goupilles puissent s'enfoncer complètement dans les trous carrés. L'objectif normal est maintenant terminé.

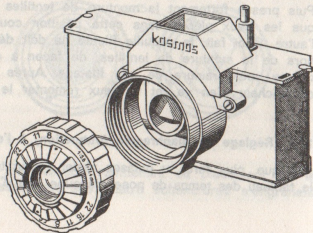


Les deux points de repère ménagés sur la bordure de commande de la bague de réglage d'obturation signalent quelle est l'obturation réglée (l'indice d'obturation qui compte est toujours celui où aboutit le trait, au début coude duquel se trouve le point de repère). Si tu veux munir le trait de repère d'une goutte de couleur rouge ou de laque à ongles rouge, tu auras plus de facilité à reconnaître quelle obturation est alors en réglage.

126. Essais de réglage avec l'objectif normal.

Lorsque tu auras enlevé le télé-objectif, tu pourras revisser l'objectif normal. Tu ne dois pas toutefois le visser à fond, mais seulement jusqu'au point où l'image devient nette. La distance à l'objectif normal (d'une autre façon qu'au télé-objectif) se règle en tournant la bordure de commande de la monture de lentilles 14.

Les réglages sont possibles à partir de l'infini jusqu'en bas à presque 1 mètre. Suivant comment tu tournes la bague de réglage d'obturation, l'image réglée devient plus claire ou plus sombre.



Il faut naturellement tenir ferme la bordure de commande de la monture de lentilles 14 afin que le réglage de distance ne se modifie pas au moment où l'on opère le réglage de l'obturation.

En faisant ces essais, tu constateras que lors d'un réglage à un haut indice d'obturation — par conséquent le trou d'obturation étant petit — les images ont un aspect plus net que par ouverture plus grande de l'obturateur. Mais d'après ce que tu as appris aux chapitres 52 et surtout 95, cela n'est pas particulièrement surprenant.

Étant donné que l'image commence à manquer de netteté à partir du moment où les zones de divergence des différents foyers dépassent une certaine envergure, il est possible en fermant un peu l'obturation de recevoir des parties d'images claires, même pour celles se situant devant ou derrière le point sur la distance duquel le réglage net a été fait. Si, par exemple, tu règles avec netteté un objet éloigné de 10 m, tu pourras — avec l'obturateur 8 — voir avec netteté tous les objets se situant entre 8 et 13 mètres environ. Si tu continues à diminuer l'ouverture de l'obturateur, la profondeur de la zone de reproduction nette augmentera ; avec l'obturateur 11 et avec un réglage à 10 m par exemple, tu verras tout avec netteté déjà entre 7,5 et 15 m environ. Comme le montre le tableau ci-dessous des zones de netteté (profondeur de champ), l'extension de la profondeur de champ est en croissance proportionnelle à l'augmentation de distance réglée. Si, par exemple, avec l'obturateur 22, tu règles avec netteté un objet éloigné de 15 m, tu vois avec précision tout ce qui se trouve au-delà de 7,5 m environ (donc tout entre 7,5 m et l'infini). Pour la mise au point du réglage, tu aurais avantage à procéder ainsi : choisis le réglage de distance une fois trop court et une fois trop long, jusqu'à ce que le manque de netteté devienne tout juste sensible, et tu adoptes alors comme bon réglage la distance à mi-chemin entre les deux points extrêmes.

Le tableau suivant de profondeur de champ indique pour ton objectif normal entre quelles distances (comptées à partir de l'objectif) la reproduction d'image est nette, lorsque le réglage est fait sur les distances mentionnées en première colonne :

Distance réglée	Réglage d'indice d'obturation (objectif normal avec $f = 71,4$ mm)				
	5,6	8	11	16	22
1 m	98,5 - 101,6	en cm 97,6 - 102,2	97 - 103,2	95,8 - 104,6	94,2 - 106,6
3 m	2,86 - 3,15	en mètres 2,81 - 3,22	2,73 - 3,32	2,64 - 3,48	2,51 - 3,73
10 m	8,58 - 11,98	en mètres 8,11 - 13,05	7,52 - 14,93	6,81 - 18,78	6,02 - 29,43

L'importance qu'il y a à fixer toute ton attention à la profondeur de champ (zone de netteté) te deviendra évidente, si tu désires photographier le visage de ton ami avec une obturation de 5,6. Si le bout de son nez est vu avec netteté, alors ce seront ses oreilles qui seront floues, parce que, dans ce cas, la profondeur de champ ne comporte que 3,1 cm seulement (voir tableau).

La profondeur de champ est au surplus dépendante aussi de la distance focale de l'objectif et devient plus faible pour de plus longues distances focales. Ton télé-objectif de 131 mm de distance focale possède avec l'obturation 11 (donc avec le gros obturateur trou de 12 mm derrière l'objectif) une profondeur de champ qui atteint de 9,1 m à 11 m avec un réglage fait pour 10 mètres. C'est sensiblement moins qu'avec ton objectif normal (voir tableau).

Il peut maintenant se faire que tu aies l'impression que la zone de netteté étant beaucoup plus étendue qu'indiqué, cela ne devrait servir à peu près à rien de tourner le

réglage des distances. Cette impression tu la perçois surtout lorsque tu opères le réglage sans avoir disposé la loupe de réglage. Pour les distances mentionnées ici, sont en effet désignées comme manquant de netteté toutes les images dont les parties sont reproduites avec une zone de dispersion (de divergence) de plus de 0,015mm.

Du chapitre 52 tu as souvenance que, par observation normale à 25 cm de distance, on a déjà une impression de reproduction nette, pour des points dont la zone de dispersion ne se situe pas à plus de 0,15 mm.

Pour quelle raison dit-on ici que des points sont reproduits avec netteté seulement si leur zone de dispersion est plus petite que 0,015 ? C'est simple : pour les prises de vues, dont les films négatifs sont aussi petits que dans les appareils miniatures, à la catégorie desquelles appartient ton appareil photographique « Reflex », on doit en faire des images positives agrandies. Le plus grand agrandissement usité est dans ce cas d'environ 10 fois. Si les dites prises de vues doivent être encore nettes, il en résulte que la netteté avant l'agrandissement devra être 10 fois meilleure que sur l'image agrandie elle-même.

Pour pouvoir lors du réglage tenir suffisamment compte de la netteté, tu devrais observer l'image de verre mat avec la loupe de réglage, cela va de soi (voir chapitre 121). La granulation (donc la rugosité visible) du verre mat est naturellement beaucoup plus forte que celle du film, en sorte que l'image sera plus claire ultérieurement que sur le verre mat observé à la loupe. Pour le réglage, tu as besoin néanmoins de la granulation grossière, parce que l'image ne se reproduira avec netteté sur le film que si tu peux voir, avec netteté, en même temps et à la fois le grain du verre mat et l'image réglée.

127. Obturateur à fente (dit aussi à rideau) pour prises de vues instantanées.

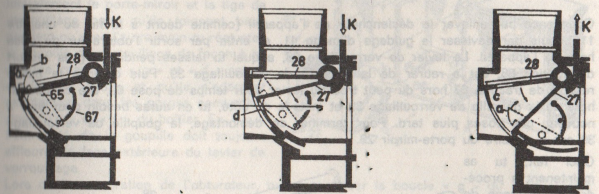
Maintenant que tu as compris quelle grande importance il faut attacher à la netteté de l'image lors du réglage, tu comprendras que l'appareil doit être dans une position absolument stable au moment de la pose pour prises de vues, et pour les instantanés aussi.

Si l'appareil bouge, ne serait-ce qu'un tout petit peu, dans ce cas l'image se décale sur le film au moment de la prise de vue. Un déplacement de l'image de plus de 0,015 mm pourrait déjà être perçu sous la forme d'un soufflé de l'image.

Tu comprendras donc que toute prise de vue est impossible sans appui de base solide ou sans support de fixation pour le moins. Mais tu voudrais sûrement pouvoir prendre des photos express de tes amis, les photographier ainsi en vitesse sans qu'ils s'en aperçoivent ni se sentent observés. Bien sûr de long préparatifs rendraient cela irréalisable ; car, au moment où tu chercherais un endroit convenable pour ton support de fixation, ton ami comprendrait tout de suite de quoi il s'agit.

Cependant, grâce à une petite astuce, il t'est possible de photographier à bras tendu, sans tirer pour autant des photos vacillantes. En effet, si tu règles sur un temps d'exposition très bref, une toute petite fraction de seconde seulement, un déplacement très lent de l'appareil ne provoque encore pas de soufflé de l'image ; car jusqu'à ce que l'image se décale d'une façon sensible sur le film, l'exposition à la lumière est déjà terminée. D'autant plus court est choisi le temps d'exposition, d'autant moins la netteté de l'image est-elle dépendante de mouvements de l'appareil ou des objets photographiés. Sans aucun doute on ne peut pas réduire le temps d'exposition à la lumière à presque rien ; en fin de compte, ne serait-ce que pour la profondeur de champ, il faut bien que

la lumière puisse encore pénétrer suffisamment dans l'obturateur un tant soit peu ouvert, afin que de bonnes images parviennent dans l'appareil. Dans un appareil comportant des distances focales d'objectif telles que tu les utilises, il est encore possible d'obtenir des images d'une netteté largement satisfaisante avec des temps d'exposition entre 1/100 et 1/150 de seconde à main libre.



Mais il va sans dire aussi que personne ne peut presser puis relâcher l'obturateur pour des poses à une telle vitesse. C'est pourquoi ta boîte d'optique contient toutes les pièces qu'il te faut pour transformer en fermeture instantanée l'obturateur pour pose de ton appareil ; lors de la pression sur le déclencheur, l'instantané s'ouvre puis se ferme automatiquement dans l'espace approximatif de 1/125 de seconde, même si, à cet instant, tu continues à presser fortement sur le bouton du déclencheur. Les croquis qui suivent te montrent comment fonctionne cet obturateur instantané, que tu vas construire dans le prochain chapitre.

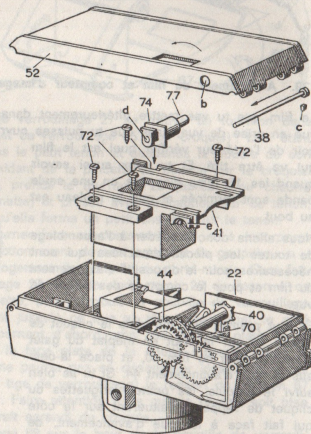
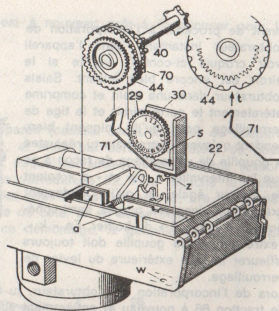
Dans le porte-miroir 28 se trouve la tige de verrouillage 27 à dispositif commun de pivotement. Cette tige recouvre l'orifice de passage de lumière du porte-miroir. Lors d'une pression sur le bouton de déclencheur « K » (croquis de gauche), le porte-miroir bascule vers le haut et entraîne la tige de verrouillage 27, à laquelle il est raccordé par l'intermédiaire du cliquet de verrouillage 65. Ce mouvement provoque en même temps la tension du ressort de traction (il n'est pas sur le croquis). Dès que le porte-miroir est presque arrivé en position haute, l'extrémité arrondie « a » du cliquet de verrouillage 65 se trouve repoussée et décliquetée par la bordure « b » du boîtier de l'appareil.

Sur le croquis du centre, tu peux voir comment le porte-miroir est encore maintenu en hauteur par le bouton du déclencheur « K » en position basse, alors que la tige de verrouillage est ramenée à sa position initiale par le gros ressort de traction (pas dessiné sur le croquis) — (voir petite flèche). A cet instant, l'exposition à la lumière est effective, du fait que la fente « d » de la tige de verrouillage passe devant le gros orifice de passage de la lumière du porte-miroir, et que, suite à ce mouvement, la lumière parvient dans l'appareil (flèche de droite). La position initiale étant à nouveau atteinte, la fente « d » de la tige de verrouillage est bouchée et l'exposition à la lumière terminée. Du fait du retour en arrière de la tige de verrouillage 27 à sa position initiale, le mince ressort de traction (pas dessiné sur le croquis) se trouve tendu entre le porte-miroir et la tige de verrouillage. Sur le croquis de droite enfin, tu peux voir comment — après relâchement du bouton du déclencheur « K » — le porte-miroir est ramené également dans sa position de base au moyen du mince ressort de traction (pas dessiné sur le croquis). En fin de compte, le porte-miroir 28 se place de nouveau sur la tige de verrouillage. A ce stade de l'opération, le cliquet de verrouillage 65 (prétendu par le mince ressort de traction 67 figurant sur le croquis) pénètre dans le trou « c » du porte-miroir

du rouleau d'entraînement 40 doit affleurer à peu près avec la face « b » de la roue d'avancement 44. Découpe ensuite sur le tableau des découpages un disque compte-images « g » (l'autre exemplaire est prévu comme remplacement) et colle-le sur la roue compte-images 29 de façon à ce que le chiffre 1 soit bien en face d'une dent de la couronne dentée.

Tu mettras ensuite une petite goutte de colle en « k » sur le ressort de cadrage d'image 71 et colleras ce dernier sur le bord inférieur du guidage 30 de la roue compte-images, de manière à ce que le tenon « z » du guidage déborde dans le trou du ressort de cadrage d'image 71. Essuyer la colle qui s'écoule. Et, finalement, incorpore la roue compte-images 29 avec son moyeu dans le trou prévu à cet effet au guidage 30.

Le croquis ci-contre te montre comment on introduit le compteur d'images composé des pièces 29, 30 et 71, dans le boîtier de l'appareil. Le compteur est à placer tout dans le coin de la chambre « a » pour permettre au tenon « z » traversant le ressort de cadrage d'image 71 de s'insérer dans le trou de fond « w » à l'intérieur du boîtier 22. Le bord de la pièce 30 ne doit pas s'élever au-dessus du bord de la pièce 22. C'est pourquoi la pièce 30 est à enfoncer à l'aide du tournevis (flèche sur le croquis de la page 122 en « s »). A la suite, mettre en place le dispositif d'avancement composé des pièces 40, 70 et 44. Premièrement, pousser le cliquet de rappel 70 contre la roue d'avancement 44, le moyeu saillant de cette dernière devant dépasser un peu à travers le trou du cliquet. Le cliquet de rappel et la roue d'avancement assemblés doivent trouver place dans la chambre « et » et reposer aux endroits de la paroi de la chambre « a » désignés par des flèches sur le croquis ci-contre. Aussi longtemps que le guidage d'images 41 n'est pas encore incorporé, la roue d'avancement est pressée en hauteur par le ressort de cadrage d'image. Sur le croquis ci-contre, tu peux voir en agrandissement que le ressort de cadrage d'image glisse sur le pourtour de la roue d'avancement et ne s'encliquette qu'à la position « t » seulement. Plus tard, lors de l'avancement du film, on percevra à cet endroit comme un léger déclic en tour-



nant la roue d'avancement. Dans cette position, le numéro d'image annoncé au voyant du compteur est alors celui concernant la prochaine prise de vue. Prends garde, lors de l'encliquetage de « t », à ce que le point ou le chiffre soit situé AU CENTRE du voyant du compteur d'images. Ce qui peut être obtenu en tournant la pièce 29 contre la pièce 44.

Le croquis ci-dessus montre maintenant de quelle façon on installe le guidage d'image 41. Cela se fait aisément, si tu passes ton index à travers le trou carré en poussant l'obturateur un peu vers l'intérieur. Le guidage d'image mis en place comporte des gorges semi-sphériques « e » qui serrent le rouleau d'entraînement de film 40 dans les gorges correspondantes du boîtier 22 (désignées par « b » sur le croquis précédent). Lors de la fixation du guidage d'image 41 tu dois tourner chaque vis un peu à gauche sans forcer jusqu'à ce que tu sentes le premier filet qui s'est taraudé lui-même dans la matière plastique au moment du premier vissage.

Sinon il en résulterait un deuxième taraudage de filet par cette vis, d'où confusion des deux filetages et la vis ne tiendrait plus.

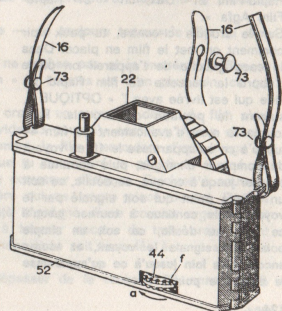
(Si, par mégarde, tu as abîmé un trou taraudé, tu peux y remédier en découpant sur le tableau des découpages un morceau de 6 mm x 6 mm puis en l'introduisant plié en deux dans le trou taraudé avant de revisser la vis.)

Mets alors le déclencheur en place et fais-le fonctionner une ou deux fois en braquant l'appareil sur un fond clair. Lorsque tu regardes dans le trou du guidage d'image, tu vois chaque fois l'ouverture de l'objectif en un bref instant sous forme d'une tache claire.

Afin que le cliquet de verrouillage puisse prendre l'encoche après chaque prise de vue, relâche toujours rapidement le bouton du déclencheur après chaque déclic. Si, parfois, le cliquet au porte-miroir n'est pas complètement accroché (tu t'en aperçois s'il n'apparaît pas une bonne image au viseur après avoir relâché le bouton du déclencheur), il suffit de poser l'appareil une fois sur la table énergiquement, toutefois pas trop brusquement; cela remet l'encliquetage en ordre. Et ne crains rien, la photo que tu viens de tirer n'en sera pas perturbée, car ce n'est pas l'obturateur mais uniquement le porte-miroir qui n'était pas revenu tout de suite en position initiale. Lorsque l'appareil est neuf, il peut arriver que les pièces composantes du verrouillage soient encore un peu dures, ou qu'une arête à l'obturation ou à la goupille de verrouillage présente une bavure de matière plastique. Il est possible aussi que la goupille de verrouillage n'ait pas suffisamment de jeu dans son logement, parce qu'auparavant tu n'es pas veillé à ce que les intervalles « c » et « d » soient de largeur égale (sur le dernier croquis du chapitre précédent).

Place maintenant la paroi arrière de l'appareil 52. Son côté droit est à goupiller au moyen de l'axe d'articulation 38 dont tu couperas le bout saillant de la tête. De cette façon, la paroi arrière de l'appareil peut s'ouvrir un peu plus grande. Le deuxième axe 38 doit conserver sa tête pour que tu puisses ouvrir l'appareil en le sortant. Il t'est possible également d'extraire l'axe par sa tige mince sans tête, si tu as besoin de soulever le couvercle.

Lorsque le couvercle est fermé, la roue d'avancement 44 dépasse hors de l'orifice de la paroi arrière « f ». Tourne-la dans le sens de la flèche « a », tu pourras alors vérifier — qu'au



moment où tu perçois le déclic — le chiffre annoncé passe au chiffre suivant au voyant « b » du compteur d'images (dans le coin inférieur de la paroi arrière de la caméra). Tu peux maintenant terminer en passant la bretelle portative 16 dans les boucles de fixation du boîtier 22 et consolider à l'aide des boutons de courroie 73.

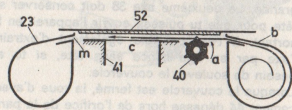
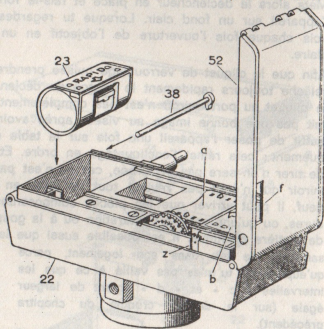
130. Habillage du boîtier.

Tu vas maintenant habiller ton appareil « Reflex » à l'aide des feuilles adhésives argentées n° 51. Pour te faciliter le découpage de cet adhésif aux bonnes dimensions, nous avons préfiguré ce découpage à la dernière page du présent livret d'instructions. Les dessins sont représentés à l'envers afin que tu puisses les coller ou les calquer sur le papier de protection au verso de l'adhésif; de cette façon, après le découpage, les feuilles adhésives vues par leur côté brillant correspondront exactement à la dimension des emplacements de l'appareil sur lesquels tu dois les appliquer. La paroi arrière de l'appareil est à recouvrir avec la partie « a ». Les parties « b » et « c » ne sont pas identiques : elles doivent recouvrir l'avant de l'appareil, à droite et à gauche de l'anneau de retenue de l'objectif. Enfin, les nombreuses petites bandes « d » sont destinées aux intervalles « en creux » des pièces 12, 14 et 32. Effectue avec soin ce petit travail de décoration : ton appareil n'a-t-il pas maintenant belle allure ?

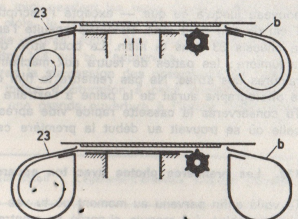
131. Mise en place du film.

Lorsque tu veux tirer des photos tu as naturellement besoin d'un film. Ton appareil « Reflex » est construit pour le système rapide Agfa. Si, pour photographier, tu veux t'aligner sur les règles d'exposition à la lumière expliquées dans le chapitre précédent, tu as besoin d'un film d'une sensibilité bien déterminée, à savoir le 21° DIN. Tu dois donc demander au magasin d'articles de photos un Rapid-Film 21° DIN, un « 21° Rapid-Film Agfa ».

Sur le croquis ci-contre, tu peux voir comment on met le film en place. Dans la case gauche de l'appareil on place d'abord la cassette de film Rapid 23 vide qui est livrée avec l'« OPTIQUE », suivant la position du croquis. Puis tourne la roue d'avancement du film 44 jusqu'à ce qu'apparaisse le 16 au voyant du compteur d'images, puis continue à tourner jusqu'à ce que, au déclic, ce soit un simple point qui soit signalé par le voyant, puis continue à tourner jusqu'à ce que, au déclic, ce soit un simple point qui signale le voyant, et tourne encore plus loin jusqu'à ce qu'apparaisse le deuxième point.



Ceci fait, pose la cassette Rapid « b » munie de son film dans la case de droite de l'appareil, de telle manière que les dentures du rouleau d'entraînement dépassent hors des fentes de guidage et s'insèrent dans les perforations marginales du bout de film sortant de sa cassette (en « a »). POUR CE FAIRE, TIRER UN PEU LE FILM DEHORS JUSQU'À CE QUE L'ORIFICE D'EXPOSITION SOIT À DEMI-RECOUVERT (VOIR CROQUIS). Tu peux alors fermer le couvercle



et enfiler l'axe d'articulation 38 (celui avec la tête entière), dans la partie de gauche. Il va sans dire que le couvercle ne doit être ouvert à nouveau que lorsque les 16 photos auront été tirées. Mais auparavant, continue à lire ce qui suit.

EN COURS DE L'AVANCEMENT DU FILM, NE JAMAIS PRESSER SUR LA PAROI ARRIERE.

Le croquis suivant indique ce qui se passe dans l'appareil lorsque tu tournes à nouveau la roue d'avancement du film jusqu'au prochain déclic et qu'apparaît un point suivant au voyant. Le rouleau d'entraînement 40 fait glisser le début du film (accroché dans ses perforations marginales par les dentures du rouleau) dans le guidage d'image 41, en passant par l'orifice « c » d'exposition à la lumière. Dans cette position, cela n'a aucun sens naturellement de tirer une photo, car le début du film qui se trouve maintenant en « c » est déjà sorti de son châssis et, par conséquent, a déjà été exposé à la lumière. Tu dois donc continuer à tourner jusqu'à l'image suivante. A nouveau un point apparaît sur le voyant du compteur d'images. Une photo qui serait prise maintenant peut néanmoins être bonne, à condition que, lors de la mise en place du film, on n'ait pas tiré par bévue sur le début du film et que le bout ainsi exposé à la lumière n'ait pas été par erreur enrôlé à nouveau sur le châssis.

Tu feras donc une photo d'essai : ce ne sera pas bien grave si elle n'est que partiellement réussie.

Tourne donc plus loin à l'image suivante, jusqu'à ce que le n° 1 apparaisse au voyant. Toutefois ne prends cette photo et les suivantes que lorsque tu auras lu le prochain chapitre relatif au bon réglage du diaphragme.

Prends l'habitude — après chaque prise de vue — de toujours tourner le film un cran plus loin.

Ainsi il ne pourra plus arriver que, soudain, tu ne saches pas si le numéro de film en position a déjà été tiré et que par « précaution » tu tournes un cran plus loin, ce qui te fait probablement perdre une photo.

Dans l'appareil, au cours de l'avancement d'un cran à un autre, le début du film s'est engagé dans la mâchoire « m » de la cassette vide 23 pour s'y enrôler. Après chaque prise de vue, et après chaque rotation d'avancement, le film s'enroulera d'une image de plus sur ce châssis précédemment vide. Lorsque tu auras tiré le n° 16 et tourné au cran suivant, il apparaîtra un point au voyant du compteur d'images. Et c'est à nouveau un bout de film non encore exposé à la lumière qui se trouve placé devant l'orifice d'exposition. Mais, à cet endroit, le film est déjà imprégné d'une couche rugueuse, et une prise de vue serait inutilisable. Continue à tourner encore de trois crans avant d'ouvrir la caméra, afin que la dernière bonne image tirée soit enrôlée à coup sûr dans la cassette 23, avant que la lumière pénètre.

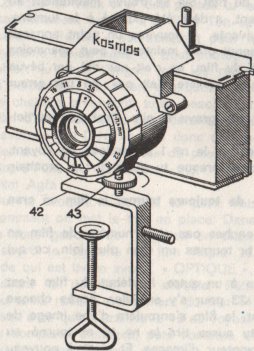
En ouvrant l'appareil, tu verras la fin du film dépasser de la cassette 23, enrôle-la à

nouveau jusqu'à ce que — excepté l'inscription perforée — il ne sorte plus qu'environ 1 cm de son bout strié. Retourne ensuite l'appareil sens dessus-dessous et fais tomber le châssis 23 dans ta main. Le bout strié du film est là pour améliorer l'étanchéité à la lumière; les pattes de feutre aux mâchoires du châssis s'insèrent en effet dans les rainures des stries. Ne pas remettre le film dans le logement complètement à fond, car le photographe aurait de la peine à l'extraire pour le développement. Tu conserveras la cassette rapide vide après ce film; la prochaine fois, sa place sera celle où se trouvait au début la première cassette vide 23.

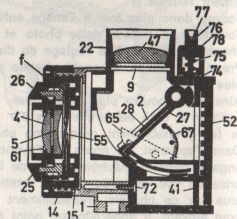
132. Les premières photos avec ton appareil photographique « Reflex ».

Te voilà enfin parvenu au moment où tu vas vraiment pouvoir commencer à prendre des photographies. Le croquis ci-après te montre que ton appareil peut aussi se fixer sur le support à étrier 42. Avec le gros écrou moleté 43, tu peux le fixer dans une position déterminée exactement comme décrit au chapitre 87 pour la Junette d'approche.

Sur le croquis suivant tu vois l'appareil « Reflex » avec objectif normal et obturateur instantané sous la forme d'un dessin en coupe. L'obturateur instantané est représenté en position de repos (le miroir en position « viseur »). Cela va sans dire qu'un unique dessin en coupe ne peut pas montrer toutes les pièces composantes de l'appareil à miroir réflecteur, appareil d'une certaine envergure. Toutefois, il t'est possible de reconnaître distinctement la transition à partir de l'objectif normal vers l'anneau de retenue de l'objectif et le boîtier de la caméra.



L'appareil est maintenant fini, le film est à sa place. Tu sais même déjà ce qu'il en est quant aux indices d'obturation et réglages d'obturation (voir chapitres 122 et 126). Si tu connaissais en ce moment quel obturateur doit être choisi, tu pourrais en faire le réglage et pousser le déclic dès que l'image apparaîtrait suffisamment nette dans le viseur.



Sur les tableaux suivants il te sera facile de trouver le bon réglage d'obturation. Le premier de ces tableaux décrit les conditions d'éclairage pour différents objets de prise de vue et les circonstances atmosphériques. L'indice d'obturation prélevé sur ce tableau est alors applicable pour un temps d'exposition à la lumière de 1/125 de seconde (voir chapitre 127), lorsqu'on utilise un film de la sensibilité de 21° DIN. L'indice d'obturation

ainsi obtenu est valable pour les heures de midi pendant les mois d'avril à août. Pour d'autres heures de la journée et d'autres mois, le diaphragme doit être un peu plus ouvert de quelques degrés. De combien de degrés doit-il être plus ouvert, c'est le tableau 2 qui est similaire à celui du chapitre 114 qui te l'apprendra. En dessous du deuxième tableau, tu trouveras la succession des obturations de l'objectif normal pour ton appareil. Le saut d'un indice d'obturation à celui immédiatement à droite sur cette ligne correspond toujours à une grande ouverture à l'indice d'obturation suivant.

Valable pour 21° DIN et 1/125° de seconde	Plein soleil		
	Légèrement brumeux	Couvert (sombre)	
Paysage de neige	Obturateur 22	Obturateur 16	Obturateur 11
Plage	Obturateur 22	Obturateur 16	Obturateur 11
Haute montagne	Obturateur 22	Obturateur 16	Obturateur 11
Paysage découvert	Obturateur 16	Obturateur 11	Obturateur 8
Vue lointaine avec premier plan clair	Obturateur 16	Obturateur 11	Obturateur 8
Paysage avec premier plan sombre	Obturateur 11	Obturateur 8	Obturateur 5,6
Bâtiments avec ciel	Obturateur 11	Obturateur 8	Obturateur 5,6
Routes, personnes au grand air	Obturateur 8	Obturateur 5,6	—
Ruelles, personnes à l'ombre	Obturateur 5,6	—	—

Ouvertures de l'obturateur :							
Heures du jour Mois	11 - 14	10 - 11	9 - 10	8 - 9	7 - 8	6 - 7	
	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19		
Nov. - Déc. - Janv.	2	3	—	—	—	—	
Octobre et février	1	2	3	—	—	—	
Septembre et mars	1	1	2	3	—	—	
Avril et août	0	1	1	2	3	—	
Mai - Juin - Juillet	0	0	1	1	2	3	

Ordre des indices d'obturation	22	16	11	8	5,6	—	—	—
--------------------------------	----	----	----	---	-----	---	---	---

Exemple : vue d'une ville depuis un belvédère, 18 juillet à 15 heures 30 en plein soleil : régler obturateur 11. Les photos seront meilleures si le soleil se trouve en oblique derrière toi. Naturellement tu peux aussi prendre des « photos à contre-jour ». Prends soin toutefois que l'ombre d'un objet quelconque (casquette, livre, enseigne de rue, etc.), qui n'a pas besoin d'être sur la photo, tombe sur l'orifice de l'objectif.

Pour photographier des visages, fais en sorte qu'ils ne soient pas éclairés directement par le soleil. Sinon tu verras plus tard sur la photo de curieuses ombres nasales et des yeux pincés. Pour la photographie de personnes, veille à l'uniformité de l'arrière-plan, sinon il peut arriver que, sur la photo, ton ami ait une hampe de drapeau qui pousse sur sa tête. Les personnes assises ne doivent pas étendre les mains sur les genoux ou prendre une attitude raide. Il est préférable aussi de veiller à ce que les coudes se situent à des hauteurs différentes, cela donne une allure plus naturelle.

Réfléchis pour des photos de statues ou de bâtiments à quelle position du soleil dans le ciel l'éclairage se trouve être le plus favorable. Choisis un moment de la journée où tu n'as pas besoin d'une trop grande ouverture de diaphragme. Ainsi que tu l'as appris au chapitre 126, la netteté de l'image pour les diaphragmes 11, 16 et 22 est très marquée, alors que le diaphragme 8 donne des images plus douces, et le diaphragme 5,6 des souffles et des flous dépendants du réglage. Lors de la photographie de constructions, tiens ta caméra bien droite. Des bâtiments pris de biais vers le haut apparaissent sur la photo comme s'ils versaient en arrière. Avec un puissant premier plan (par exemple un échafaudage) qui se dresse d'en haut dans l'image, la photo gagne en profondeur, même si ce premier plan n'est pas rendu très nettement (la mise au point doit naturellement se référer à l'objet principal de la photo).

Vu que les ressorts de traction ne fonctionnent pas tous pareillement, l'obturateur a peut-être un temps d'ouverture se situant en dessus ou en dessous de 1/125 de seconde. C'est pourquoi, pour tes premières photos, fais-en trois tirages de chaque, une avec l'indice d'obturation porté sur le tableau, une avec l'indice plus grand suivant, et une troisième avec la plus petite ouverture d'obturateur suivante. Tu pourras vérifier si, avec un réglage d'obturation s'écartant d'un indice du tableau tu obtiens de meilleurs résultats qu'avec le réglage normal.

Lorsque plus tard tu compareras ces trois tirages sur le film : le négatif avec le plus faible noircissement (= densité optique) aura été pris avec le plus petit trou d'obturation.

Il va sans dire que tu peux enlever l'objectif normal et viser à la place ton télé-objectif, même si un film se trouve dans l'appareil (le diaphragme reste fermé en cas de changement d'objectif). Pour l'éclairage, les mêmes tableaux d'indices entrent en vigueur, il te faut néanmoins penser au fait que ton télé-objectif comporte un réglage fixe à l'obturation 11 (la transformation du télé-objectif sur l'obturation 8 est

décrite à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 122). Tu n'as toutefois pas à te faire de souci quant à l'exposition à la lumière. Si l'obturateur 16 est exigible, une photo tirée avec l'obturateur 11 sera encore utilisable (un excès d'éclairage n'est pas aussi mauvais qu'un éclairage insuffisant), par contre une photo tirée avec l'obturateur 11 sera floue si c'était l'obturateur 8 qui devait convenir.

Si, avant la mise en place d'un film, tu équipas ton appareil « Reflex » d'un obturateur pour temps de pose (voir chapitre 118), tu peux alors également tirer des photos



d'intérieur, et là aussi à ton gré, soit avec objectif normal, soit avec télé-objectif. Dans ce cas, ce sont les deux tableaux ci-après qui entrent en ligne de compte. Le premier indique à nouveau l'objet à photographier et les circonstances atmosphériques régnant à l'extérieur, alors que le deuxième se réfère à l'heure de la journée et à l'époque de l'année, et t'indique par quel coefficient tu as à multiplier le temps de pose du premier tableau.

Photo d'intérieur avec obturateur 11 et film 21° DIN			
	Ensoleillé	Brumeux	Couvert (sombre)
Personnes près d'une grande fenêtre de chambre et vis-à-vis clair	1/2 seconde	1 seconde	2 secondes
Personnes près d'une fenêtre normale de chambre et vis-à-vis sombre	1 seconde	2 secondes	4 secondes
Nef d'une église à l'intérieur	30 secondes	60 secondes	120 secondes

Heures du jour Mois	11 - 14	10 - 11'	9 - 10	8 - 9	7 - 8	6 - 7
	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	
Nov. - Déc. - Janv.	4 fois	8 fois				
Octobre et février	double	4 fois	8 fois			
Septembre et mars	double	double	4 fois	8 fois		
Août et avril	inchangé	double	double	4 fois	8 fois	
Mai - Juin - Juillet	inchangé	inchangé	double	double	4 fois	8 fois

(Une seconde dure approximativement le même temps que pour prononcer le mot : « vingt et un ».)

Il va sans dire qu'il faut prendre grand soin d'une bonne stabilité sur support. Pour les temps d'exposition à la lumière (poses) qui durent plus longtemps que deux secondes, il y a danger que l'appareil vacille même avec le support si, pendant toute la pose, l'obturateur est maintenu ouvert avec le doigt. Dans ce cas, il est recommandé de faire l'achat d'un déclencheur à câble avec vis de blocage chez le marchand d'articles de photos (voir aussi chapitre 119).

Lors de la photographie de personnes près d'une fenêtre, la face du visage tournée vers la fenêtre est rendue beaucoup plus claire que celle qui lui est opposée. Sur la photo elle-même ce contraste se marque encore beaucoup plus sensiblement. C'est pourquoi installe quelqu'un tenant haut un drap de lit sur le côté de la personne opposé à la fenêtre. Ainsi la moitié sombre du visage se trouvera éclairée par le reflet de la lumière tombant sur le drap.

Les photos prises de nuit ont naturellement beaucoup d'attrait. La pose doit être de 8 à 30 secondes, suivant la luminosité renvoyée par l'éclairage de la rue et les vitrines de magasins. Les photos de bâtiments illuminés par des projecteurs (la distance ne joue aucun rôle, voir chapitre 51) exigent des temps de pose d'environ 1 à 4 minutes (le premier plan ne devrait pas être trop clair, et pendant l'illumination produite par des phares d'autos venant à notre rencontre, il y a lieu de couvrir l'objectif à l'aide d'une casquette et de faire durer la pose plus longtemps). Mais il faut remarquer encore une fois que la prolongation de la pose d'une petite fraction de temps ne peut pas donner de résultat sensible; elle n'intervient réellement que si la modification de la pose porte sur une augmentation de la moitié ou du double. Il suffira donc de tirer trois essais de chaque cas, dans le premier cas avec 8, 16 et 30 secondes, et dans le deuxième cas avec 1, 2 et 4 minutes. Tu auras bientôt une expérience suffisante pour pouvoir prendre une bonne photo en une seule fois.

Lors du changement de téléobjectif en objectif normal ou si, par inadvertance, l'objectif normal a reçu un choc, assure-toi avant la prochaine photo que la lentille extérieure de l'objectif ne vacille pas un peu, du fait que l'anneau de retenue 61 aurait peut être glissé (le repousser à l'intérieur à l'aide du tournevis). Dans le chapitre 134, tu trouveras une astuce te donnant la possibilité de faire des photos contrastées encore meilleures.

133. Et si tu es aussi en possession d'un coffret BIOLOGIE (ou simplement du microscope à monter)

tu pourras t'aventurer dans le domaine de la micro-photographie. Si cette possibilité t'en est offerte, c'est là un des grands avantages de ton appareil photographique « Reflex » ; car avec un appareil ordinaire ne comportant qu'un viseur particulier, de telles photos ne sont pas si faciles à faire. Car en fin de compte tu dois savoir ce que sera vraiment la photo prise et si la préparation microscopique sera bien reproduite avec netteté. La photo que tu vois ci-contre a été tirée avec un appareil « Reflex » de la boîte « OPTIQUE » auquel on avait adjoind l'objectif d'un microscope. La puce à chiens que tu y vois reproduite comporte un grossissement de 20 fois par rapport à la réalité.



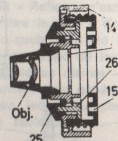
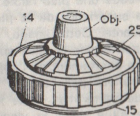
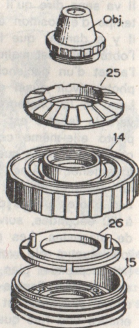
Le spécialiste, et c'est chose étonnante, ne parle pas en l'occurrence de micro-photographies, mais bien de macro-photographies, parce qu'en effet elles ne sont pas rapetissées mais agrandies.

Les croquis suivants te montrent comment tu dois visser l'objectif du microscope Kosmos sur l'objectif normal, après que les lentilles et les arcs d'obturateur ont été enlevés. Tu seras sans doute surpris que l'on doit y monter la bague d'entraînement 26 et la bague de réglage d'obturation 25 et pourquoi faire, alors qu'il n'y est plus incorporé de diaphragme à régler. C'est néanmoins bien simple : sans la bague de réglage d'obturation, il pourrait passer de la lumière secondaire à travers l'échancrure en demi-lune de la monture de lentille 14. Quant à la bague d'entraînement 26, elle sert à maintenir la bague de réglage d'obturation.

Comme tu le vois sur le croquis en coupe, l'objectif du microscope est vissé directement sur le filetage de la monture de lentilles 14. Ce filetage est adapté à tous les objectifs de microscopes comportant le filetage normalisé, par conséquent pas uniquement à celui du microscope des jouets scientifiques KOSMOS.

Sur le film, l'image tirée avec l'objectif du microscope apparaît en négatif, et comportant un grossissement d'environ 7,5 fois par rapport à l'objet photographié. Pour une image positive, ayant été agrandie au format 18 x 18 cm, l'objet photographié apparaît alors sous un grossissement de 60 fois.

Pour la photo elle-même, tu peux par exemple coller la préparation à la fenêtre à l'aide

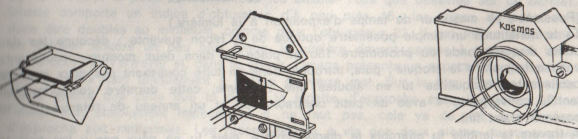


de bandes adhésives et l'exposer à la lumière comme si tu voulais photographier ce qui se trouve derrière. La mise au point (réglage de netteté) se fait par une lente approche de l'appareil photo vers l'objet. Suivant la position de vissage de la monture de lentilles 14, il en résulte la distance de l'objet par rapport au bord avant de l'objectif (quelques millimètres).

134. La dernière astuce.

Si tu désires photographier des motifs particulièrement bien contrastés (ceux comportant de fortes nuances entre les parties claires et les parties sombres de l'image), il est alors avantageux d'améliorer encore l'appareil comme suit :

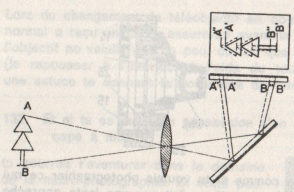
Tous les endroits sur lesquels une très vive lumière peut se réfléchir nonobstant le fait que l'appareil soit en matière de couleur noire sont à soumettre à un traitement spécial. Les dits endroits, qui doivent être enduits de vernis noir mat, sont portés en noir sur les croquis avec des flèches désignant leur emplacement.



Ce sont : le bord dégagé du miroir (meilleure image au viseur), les surfaces intérieures de l'orifice dans le guidage d'image 41 (seulement ces dernières, pas celles devant lesquelles passent les segments de verrouillage), ainsi que le trou rond dans le boîtier de la caméra 22.

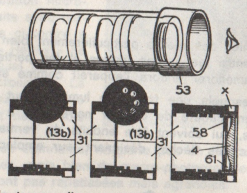
D'autre part, tu peux vernir en noir la paroi arrière 52 de la caméra, soit à l'intérieur ENTRE les traverses, soit sur les faces intérieures de l'obturateur. Achète pour cela dans le commerce un vernis plastique noir mat qui convient particulièrement bien dans ce cas. Il faut surtout insister sur le fait que le vernis doit être MAT. Bien remuer. Un vernis noir non mat n'améliorerait rien : bien au contraire, il donnerait un plus mauvais résultat.

La mise au point d'images très contrastées est quelquefois rendue plus difficile par le fait que, non seulement la face arrière du miroir projette une image sur l'écran



de verre mat, mais que c'est aussi le cas, quoique sous une plus faible luminosité, de la partie supérieure de la plaque de verre réfléchissante. Cette image, sur laquelle il ne faut pas régler la mise au point car elle a un autre écartement de l'objectif que celui qui est reflété par l'arrière du miroir sur l'écran de verre mat, cette image, disons-nous, se situe dans le viseur décalée un peu vers le haut (on peut le constater sur le croquis ci-contre). Dans un tel cas, tu ne procéderas pas au réglage de la mise au point sur une ligne verticale où les deux images se superposent, mais de préférence sur une ligne horizontale la plus fine possible ; le point le plus favorable sera une ligne sombre sur arrière-plan clair.

135. Un posemètre optique.



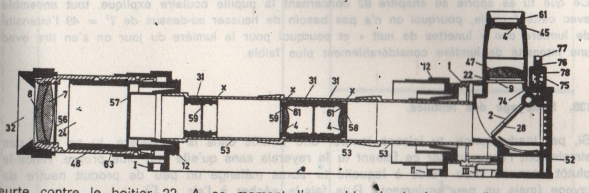
(Posemètre = mesureur du temps d'exposition à la lumière.)
 Tu te constitues un simple posemètre optique de la façon suivante : découpe les deux petits disques ronds du photomètre 13b et place-les dans deux montures coulissantes comme le montre le croquis ; puis, introduis dans un tube coulissant ces deux montures coulissantes auxquelles tu en ajoutes une troisième, cette dernière comportant une lentille convergente 4 avec un petit obturateur 58 et un anneau de retenue 61 : ton posemètre est fini.

A travers la lentille tu aperçois le disque chiffré, mais tu ne peux pas y lire tous les chiffres qui sont profilés sous une luminosité différente les uns des autres, du fait d'un filtre gris intercalé.
 Ainsi par exemple tu ne peux reconnaître que le chiffre 8, lorsque tu diriges le posemètre sur une lampe claire. Moins tu peux voir de détails dans le posemètre, d'autant plus sombre est l'arrière-plan sur lequel tu as braqué le posemètre.
 Malheureusement, un tel posemètre optique n'est utilisable que dans certaines limites, parce que l'œil est aveuglé par un environnement clair, et que, à luminosité égale dans le posemètre, il voit moins bien que dans un environnement un peu plus sombre ou que lors d'un examen prolongé. En outre, la sensibilité oculaire n'est pas la même chez toutes les personnes. Mais tu peux étalonner ton appareil pour toi-même et en fonction des circonstances ambiantes ; note donc avec quel obturateur tu as obtenu une bonne image et ce que l'on pouvait encore bien reconnaître dans le posemètre optique au moment où tu le dirigeais sur l'objet photographié.

Ainsi, par exemple, pour photographier avec ton appareil « Reflex » c'est qu'il fait encore trop sombre si, à ce moment-là, tu ne peux pas bien lire le mot « Kosmos » dans le posemètre optique. De plus, tu es à même d'observer quels sont les chiffres qui sont bien lisibles sous différentes luminosités, qui se détachent donc de leur environnement. En outre, tu peux aussi vérifier combien de taches circulaires claires — sur lesquelles se situent les chiffres — se détachent encore de l'arrière-plan général. Peut-être ton papa possède-t-il un vrai posemètre électrique, avec lequel tu pourrais faire des comparaisons qui aboutiraient à l'établissement d'un tableau.

136. Si ton ami est également en possession d'un coffret « OPTIQUE ».

Tu peux lui demander de te prêter sa pièce de raccordement universelle 12. Visse-la à ton appareil ; et, après avoir enlevé l'oculaire Huygenés de la lunette d'approche de Kepler munie de son dispositif de redressement, introduis cette dernière jusqu'à ce qu'elle



heurte contre le boîtier 22. A ce moment l'ensemble de la lunette d'approche fait office de télé-objectif. Elle correspond à un télé-objectif d'une distance focale de 556 mm ! Sur le croquis, tu peux consulter tous les détails. Telle que dessinée sur ce dernier, la lunette comporte un indice d'obturation d'à peu près 46 ; les temps de pose doivent donc être doublés au minimum, comme pour l'obturateur 22. Il est même préférable de les calculer encore un peu plus longs, la lumière devant passer à travers 4 lentilles. Tu ne dois pas t'effrayer si, dans le viseur, l'image présente un aspect très grossièrement granulé. Cela tient uniquement à l'écran de verre mat. Sur le film, l'image sera de la même qualité que celle que te donne ta lunette d'approche avec l'oculaire. Afin que l'image soit absolument impeccable, il ne faut pas, cela va de soi, que la lunette d'approche soit malformée. Les raccordements à vis des deux pièces de raccordement universelles doivent se situer exactement sur le même plan (trait désigné par « e » sur le croquis). De préférence, demande à ton ami de te prêter aussi son support de fixation à étrier et consolide ta caméra avec son télé-objectif géant soit une tringle, soit sur une solide règle en bois.

137. Pour les forts en calcul : l'intensité de la lumière.

D'autant plus grande sera la surface de l'ouverture dégagée de l'objectif (pupille d'entrée), d'autant plus de lumière arrivera de l'objet contemplé jusque dans la lunette d'approche. Par conséquent, l'intensité de la lumière croît au carré du diamètre dégagé de l'objectif. Etant donné que ce diamètre (en mm) est aussi nommé pupille d'entrée PE, l'intensité de la lumière L croît avec (PE)².

Vu que par plus fort grossissement la lumière se répartit sur une plus grande surface d'image (par exemple : sur une surface 9 fois plus grande si l'on triple le grossissement), il en résulte que l'intensité de la lumière baisse au carré du grossissement G de la lunette d'approche, par conséquent avec G². La formule pour l'intensité de la lumière L est donc la suivante :

$$L = \frac{(PE)^2}{G^2} \quad \text{ou} \quad L = \left(\frac{PE}{G}\right)^2$$

Dans la formule du milieu de la page 81, tu peux alors abrégier : le diamètre dégagé de l'objectif en PE — le grossissement de la lunette d'approche en G — et le diamètre de la pupille de sortie en PS. Si, dans la formule ci-dessus, tu introduis PS à la place de PE/G, tu arrives à l'enchaînement logique déjà évoqué à la suite de la formule de la page 81, soit :

$$L = (PS)^2$$

Ce que tu as appris au chapitre 92 concernant la pupille oculaire explique, tout ensemble avec cette formule, pourquoi on n'a pas besoin de hausser au-dessus de 7² = 49 l'intensité de lumière des « lunettes de nuit » et pourquoi pour la lumière du jour on s'en tire avec une intensité de lumière considérablement plus faible.

138. Nettoyage des lentilles.

Si, par inadvertance, tu laisses tomber une lentille dans la poussière, tu ne dois pas simplement l'essuyer, car ce faisant tu la rayerais sans qu'elle soit plus propre. Rince-la plutôt dans de l'eau froide à laquelle tu auras mélangé un peu de produit neutre de lavage (mais un peu seulement). Puis fais-la sécher à l'air.

Normalement tu dois pouvoir t'en tirer sans lessive.

La poussière collée sur la surface de la lentille sera éliminée à l'aide d'un pinceau fin de préférence, comme celui que tu utilises pour peindre lors de ta leçon de dessin. Il va sans dire que ce pinceau doit être absolument propre, sec, et surtout exempt de corps gras. Par précaution, lave-le tout d'abord dans un produit de dégraissage, secoue-le avec précaution (en fermant les yeux afin qu'il n'y entre pas de produit détergent), puis mets-le sécher à l'air toute une journée. En effet, le pinceau ne doit plus contenir la moindre trace d'humidité de ce produit détergent au moment où tu t'en serviras pour dépoussiérer la surface de la lentille, car ce produit attaquerait la surface de la lentille et la ternirait.

Naturellement, tu ne dois pas non plus presser le pinceau entre tes mains, sinon il serait vite redevenu gras ; même si tes mains paraissent complètement sèches, le pinceau absorberait un peu de graisse ou des traces de transpiration et les transporterait sur les lentilles.

Si, par suite d'une manipulation intensive, l'écran dépoli 37 est devenu transparent, il suffit souvent d'y faire couler de l'eau dessus, et ensuite de l'essuyer et de le sécher à nouveau avec un linge.

