

L'éclairage micro-macro

Si l'on peut se contenter pour l'observation visuelle à fort grossissement (par exemple, à la loupe bino-culaire) d'un éclairage approximatif, il en va autrement en photomacro-graphie : si l'on n'obtient pas un éclairage uniforme du sujet (ce qui ne signifie pas nécessairement un éclairage sans ombres), le fond et le sujet seront irrégulièrement éclairés.

En photographie en couleur, ce défaut a pour conséquence que la zone la plus éclairée aura une température de couleur correcte (fond blanc), tandis que le reste aura une forte dominante brun-rougeâtre (même si la différence d'éclairage est très faible).

En noir et blanc, sur le négatif, une zone très éclairée donnera un noir profond, une zone qui l'est moins un gris plus ou moins sombre. A l'agrandissement, l'épreuve ne sera pas uniformément éclairée et le déséquilibre sera d'autant plus fort qu'on tirera sur du papier plus contrasté. Le seul remède sera le masquage à l'agrandissement, opération délicate et difficilement reproductible. Un éclairage parfait est donc indispensable.

Les sources lumineuses

Elles peuvent être réparties en deux catégories : les lampes à lumière diffuse et les lampes à lumière dirigée. Les premières donnent un éclairage doux, facile à uniformiser, et assez peu contrasté. Les secondes dont le rayonnement provient ou se rend en un point précis, doivent être réglées avec une précision bien supérieure, mais donnent une image plus contrastée, avec des limites nettes entre les ombres et les hautes lumières. La lumière du jour est très peu utilisée en photomacrographie à fort grossissement car elle s'y avère insuffisante et trop variable.

Les sources de lumière diffuse comportent un écran opale, dépoli ou gaufré entre le filament et le sujet à éclairer. Elles sont surtout employées aux grossissements faibles et moyens.

● Les ampoules opales ordinaires sont fréquemment utilisées à faible grossissement, en raison de leur faible coût. Mais leur température de couleur n'est pas établie avec une grande précision, donc difficile

à corriger pour obtenir des images bien équilibrées (température de couleur : 2 800 à 2 950° K).

● Les ampoules d'agrandisseur, légèrement survoltées, donnent un éclairage mieux corrigé.

● Les ampoules à réflecteur et grille gaufrée incorporée (Nitraphot), plus puissantes mais beaucoup plus onéreuses, permettent d'éclairer puissamment de vastes surfaces avec une température de couleur de 3 200° K.

● Les lampes flood quant à elles, appartiennent à des types divers : avec ou sans verre dépoli, avec ou sans réflecteur, avec ou sans grille gaufrée... Leur température de couleur, de l'ordre de 3 200 ou 3 400° K, correspond à celle de presque tous les films pour lumière artificielle.

● Les lampes épiscopiques de photomacrographie sont des ampoules opales ordinaires enfermées dans de petites cages et montées sur rotules, afin d'être orientées en tous sens. Elles équipent fréquemment les loupes binoculaires et constituent un bon éclairage pour les grossissements moyens.

● Les flashes donnent un éclairage du type semi-dirigé. Le flash électronique est une source d'éclairage puissante et fiable ; sa température de couleur est celle du jour ; en outre, à la différence de toutes les au-

tres sources lumineuses, elle ne chauffe pas. Elle est donc particulièrement recommandée pour les sujets vivants et mobiles, et pour la couleur. Malheureusement, elle nécessite pour la mise au point et la mesure de la lamination un éclairage secondaire dit « éclairage pilote » qui en complique notablement l'emploi.

● Les flashes électroniques annulaires (de type diffus) se placent autour de l'objectif et permettent de réaliser aisément un éclairage sans ombres. Mais ils comportent les mêmes inconvénients que les flashes ordinaires concernant la mise au point et la lamination.

Les sources de lumière dirigée

sont constituées d'ampoules, presque toujours de petite taille, portant un filament incandescent de dimensions réduites. Les ampoules claires ordinaires conviennent donc mal à cet usage. Alors que les ampoules à éclairage diffus sont presque toujours utilisées avec un réflecteur ordinaire, les ampoules à lumière dirigée sont le cœur d'un système optique complet comprenant presque toujours un groupe convergent à une ou deux lentilles, le collecteur ou condensateur de lampe qui concentre les rayons lumineux et parfois un diaphragme qui sert à augmenter la profondeur de netteté de l'image virtuelle du

filament de la lampe formée par le collecteur.

● Les spots comportent une cage de lampe aérée et un collecteur réglable formé d'une lentille de Fresnel (lentille à échelons), le tout étant monté sur une rotule. Il y a un logement pour les filtres. Les petits spots de 100 watts permettent d'éclairer, de manière dirigée, d'assez grandes surfaces de l'ordre du décimètre carré. Ils chauffent beaucoup aussi faut-il leur adjoindre un verre anticalorique ou un bac d'eau à faces parallèles, sur le trajet optique. Pour des grossissements supérieurs à 1/1, ils conviennent mal, le condensateur, généralement moulé, étant de qualité très insuffisante.

● Les lampes de microscopie. Leur principe de base est celui des spots, mais la qualité de l'éclairage qu'elles fournissent est bien supérieure. Elles sont pourvues d'une lourde base à colonne, très stable, qui porte la cage de lampe orientable. L'ampoule est centrable ; le collecteur à deux lentilles est mobile d'avant en arrière et équipé d'un diaphragme à iris et d'une monture à filtres. L'ampoule fonctionne parfois sur secteur, mais le plus souvent sur un transformateur basse tension 6 volts : la température de couleur est donc variable au gré de l'utilisateur.

● Les projecteurs de diapositives constituent une excellente source de lumière dirigée valable pour tous les grossissements, même les plus forts grossissements microscopiques. En outre, la lampe quartz-iode des modèles récents constitue une source lumineuse optiquement parfaite, puissante, chauffant peu (d'autant moins qu'un verre anticalorique est souvent monté sur le trajet optique), et dont la température de couleur 3 200° K avoisine celle de la plupart des films couleur pour lumière artificielle.

Étant donné le prix modeste des plus petits modèles de projecteurs, il ne nous semble pas très rentable de confectionner son propre système d'éclairage dirigé. Mais si vous en avez l'intention, vous pouvez partir d'une cage de lampe spot, où vous monterez une lampe quartz-iode non teintée de phare de voiture (6 ou 12 V, 55 W) ou une lampe de projecteur (12 V/100 W) alimentée en basse tension avec un transformateur d'agrandisseur

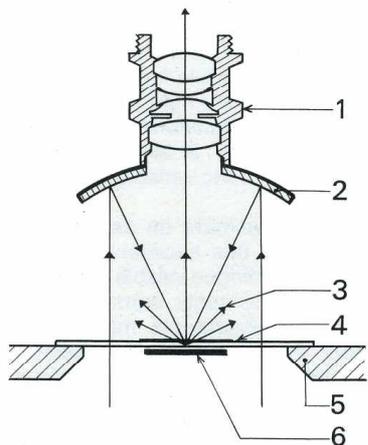


Flash annulaire Sunpack avec ses différentes sources d'alimentation.

24x36, un diaphragme (un diaphragme tournant en métal à ouvertures fixes suffit) et un verre anticalorique.

Les modalités d'éclairage

Il faut distinguer ici deux types fondamentaux d'éclairages en photomicrographie : l'éclairage par réflexion ou éclairage épiscopique (la lumière éclaire l'objet directement et sans le pénétrer; ce sont les rayons réfléchis qui atteignent donc l'objectif) et l'éclairage par transparence ou éclairage diascopique (l'objet est généralement éclairé par en dessous, ce qui est le cas le plus fréquent en microscopie). Il existe des cas intermédiaires, comme l'éclairage par miroir de Lieberkühn, qui est une variante de l'éclairage épiscopique où les rayons lumineux suivent un trajet normal (diascopique) avant d'être réfléchis sur ce miroir concave, situé autour de l'objectif (voir fig. 1).



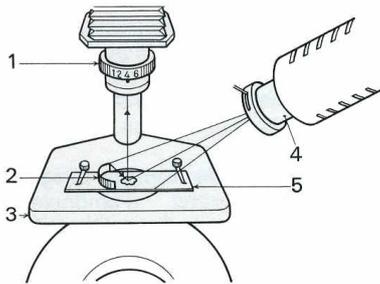
1. Éclairage par miroir de Lieberkühn.
1) Objectif microphotographique. 2) Miroir de Lieberkühn. 3) Rayons lumineux diffractés par le sujet. 4) Sujet. 5) Platine porte-objet. 6) Diaphragme central.

L'éclairage épiscopique est toujours utilisé pour les objets opaques.

● L'éclairage direct est le plus simple et le plus répandu. Deux lampes (généralement dépolies) éclairent le sujet. L'angle qu'elles forment avec le plan de l'objet est variable en fonction de l'importance que l'on veut donner au relief et aux ombres portées. Pour la plupart des sujets, les lampes sont orientées à environ 45° par rapport à ce plan (par contre, pour une pièce de monnaie,

on choisira souvent un éclairage rasant). La distance de chacune des lampes au sujet conditionne l'importance de chaque ombre.

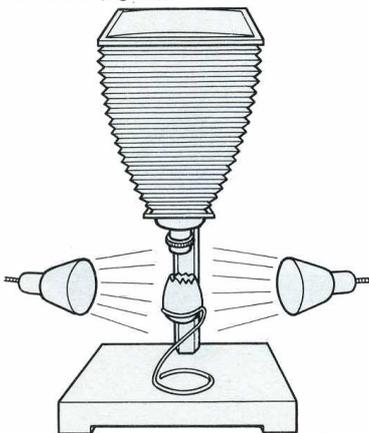
En reproduction de petits documents, on considère que les ombres doivent être de même opacité. Un procédé simple de la vérifier est de poser une extrémité de crayon au centre du sujet et de constater l'égalité des ombres tout autour de la pointe.



2. Réflecteur semi-circulaire.
1) Objectif microphotographique. 2) Réflecteur semi-circulaire. 3) Platine porte-objet. 4) Lampe de microscopie. 5) Sujet.

L'éclairage par une seule lampe (éclairage unilatéral) est souvent trop « dur ». Il convient donc d'éclaircir les ombres avec un réflecteur semi-circulaire en carton blanc ou en aluminium disposé autour du sujet (fig. 2).

● L'éclairage diffus intégral : le procédé de l'œuf. Les très petits objets (moins de 2 cm) peuvent être aisément éclairés de façon parfaitement uniforme en les plaçant à l'intérieur d'une coquille d'œuf éclairée à peu près uniformément par quatre lampes. On obtient ainsi un éclairage pratiquement sans ombres (fig. 3).



3. Éclairage diffus omnilatéral : le procédé de l'œuf.

Flashes électroniques annulaires Paffrath et Kemper

Lampes annulaires	UR 65 Z	UR 110 Z et spécial	UR 130 Z et spécial
Charge maximale en joules (Watts secondes)	250	250	250
Avec tube quartz spécial	500	800	800
Diamètre utile	36,5 mm	55 mm	74 mm
Diamètre maximum du filetage et pas	52x0,75 mm	67x36 Gg"	67x36 Gg"
Bagues adaptatrices		Livrables pour pas courants et spéciaux; bagues à baïonnette et à emboîtement sur commande spéciale.	
Câble de synchronisation		Prise d'angle de 3 mm. Des raccords d'adaptation spéciaux sont également disponibles.	
Tension d'alimentation		300 à 360 V et 500 V.	
Peuvent être adaptés		Sur tous les générateurs séparés pour flashes électroniques, avec tension de 300-360 V et 500 V.	

Générateur V 60

Puissance en joules (Watts secondes), réglable :	10	15	20	30	40	60
Valeur des diaphragmes au rapport :						
1/1 (grandeur nature) avec film de 50 ASA f/	8 à 11	11	11 à 16	16	16 à 22	22
Nombre-guide pour 100 ASA :		22				
Durée de l'éclair :		1/1000 s				
Intervalle entre chaque éclair :		4 à 10 secondes selon puissance choisie.				
Nombre d'éclairs par charge d'accus :		40 à 100 selon puissance choisie.				
Alimentation :		Accumulateur Cadmium nickel. Secteur et servo.				
Dimensions :		104x93x39 mm.				
Poids :		450 g.				

d'après documentation Idées Photo Ciné.

Pour les objets plus grands ou plus difficiles à positionner, la coquille d'œuf peut être avantageusement remplacée par un cylindre de papier calque ou de Kodatrace (calque plastique) qui forme également diffuseur.

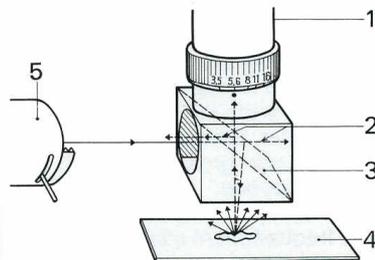
En couleur, il faut cependant se souvenir que tout écran de diffusion (œuf, Kodatrace ou verre opale) tend à abaisser la température de couleur : un filtre bleuâtre peut devenir nécessaire pour redonner aux couleurs une teinte normale.

● L'éclairage annulaire. En dehors du flash annulaire déjà mentionné il est facile de construire un éclairage annulaire en fixant des lampes basse tension (lampes de voiture) au fond d'une boîte de conserve percée pour recevoir l'objectif. Il est indispensable d'aménager des trous d'aération et de ne pas monter des ampoules trop fortes afin d'éviter une surchauffe qui endommagerait le sujet et risquerait de décoller les lentilles des objectifs (inconvenient particulièrement onéreux). Si l'on craint une surchauffe, il est prudent d'adapter une soufflerie (réalisée, par exemple, avec un moteur de locomotive électrique miniature).

L'éclairage réalisé est un éclairage

oblique et omnidirectionnel : un objet en relief apparaît entouré d'une ombre faible et uniforme.

● Le cube à miroir semi-transparent. Il s'agit d'un accessoire disponible en option avec certains objectifs microphotographiques (fig. 4). Une lampe éclaire le cube suivant un axe disposé à 90° de l'axe optique. La face percée du cube reçoit les rayons lumineux qui sont partiellement réfléchis vers le sujet par un miroir à 45°. Celui-ci renvoie de la lumière dont une partie traverse le miroir et, atteignant l'objectif, forme l'image. Ce dispositif ingénieux est cependant d'un rendement lumineux médiocre, puisqu'une bonne partie de la lu-



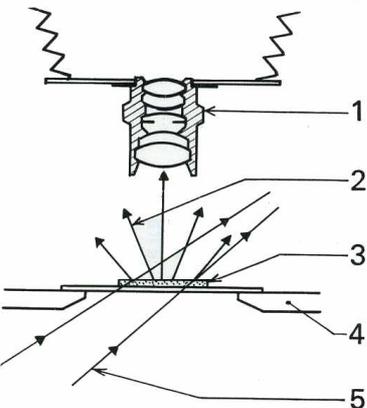
4. Cube à miroir semi-transparent.
1) Objectif microphotographique. 2) Rayons lumineux perdus dans le cube. 3) Miroir semi-transparent. 4) Sujet. 5) Lampe de microscopie.

mière se perd à deux reprises en atteignant le miroir semi-transparent. L'éclairage réalisé est unidirectionnel et vertical; il convient davantage pour les photos où un bon rendu du relief n'est pas indispensable.

Éclairage diascopique

C'est celui que l'on préfère dans le cas des objets transparents (reproduction de diapositives ou de préparations microscopiques). Il en existe deux types fondamentaux : à champ clair et à champ noir.

● **Champ clair et champ noir.** Dans le cas du champ clair, l'éclairage traverse le sujet suivant l'axe optique. Le pourtour du sujet apparaît donc blanc. Dans le cas du champ



5. Éclairage par transparence (diascopique) en champ noir : seuls les rayons lumineux diffractés par le sujet concourent à la formation de l'image, les rayons provenant directement de la source lumineuse se trouvant en dehors de l'objectif.

1) Objectif microphotographique. 2) Rayons lumineux diffractés par le sujet. 3) Sujet. 4) Platine porte-objet. 5) Rayons lumineux incidents.

noir, l'éclairage traverse le sujet suivant une orientation très oblique (fig. 5), de sorte que les rayons qui ne passent pas par le sujet n'atteignent pas l'objectif. Par contre le sujet lui-même diffracte en tous sens une partie des rayons qui le frappent et certains d'entre eux peuvent atteindre l'objectif et concourir à la formation de l'image. La préparation se détache donc d'une teinte claire sur un fond noir. L'effet est très spectaculaire, notamment pour des sujets peu réfringents qui seraient sans cela presque invisibles. Mais il est plus rarement utilisé en photomicrographie qu'au microscope, aussi n'en parlerons-nous pas davantage.

● **L'éclairage simple avec miroir.** Les bancs de photomicrographie étant presque toujours verticaux, il est intéressant de replier le trajet lumineux afin qu'il occupe une moindre hauteur, ainsi qu'on le fait presque toujours en microscopie (fig. 6).

A cet effet, la platine porte-objet est percée d'un trou et porte en dessous un miroir orientable en tous sens. Ce miroir est généralement de type plan-concave; le miroir plan sert dans la majorité des cas mais le miroir concave concentre les rayons sur l'objet et peut donc pour les faibles grossissements remplacer le condenseur situé sous la platine.

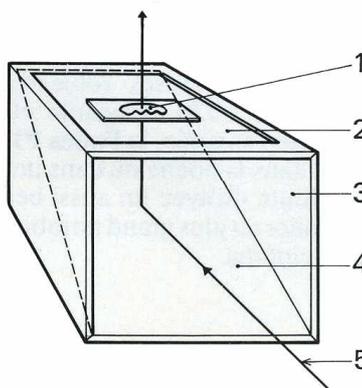
● **La boîte à lumière s'inspire de ce principe, mais elle est facile à réaliser par l'amateur (fig. 7).**

Une boîte cubique est construite en carton très fort ou en contreplaqué. Une des faces manque; la face supérieure est formée d'une lame de verre de qualité parfaite et très propre.

La lumière (éclairage horizontal) pénètre par le côté ouvert, se réfléchit sur un miroir (éclairage dirigé ou semi-dirigé) ou sur un carton blanc (éclairage diffus) placé à 45° et illumine le sujet posé sur la lame de verre.

● **La plaque de verre opale.** Une plaque de verre opale portant le sujet est vivement éclairée par en dessous par quatre lampes en lumière diffuse et situées nettement en dehors du champ de l'objectif (sinon, des zones d'intensité lumineuse variables peuvent apparaître dans l'image). L'éclairage obtenu est donc omnidirectionnel. Un éclairage similaire est couramment utilisé pour la duplication des diapositives. La plaque de verre opale

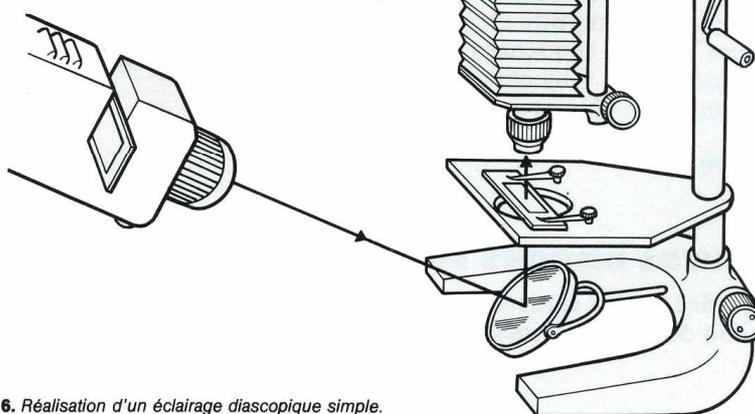
peut être remplacée par une vitre transparente surmontée d'une feuille de calque ou de Kodatrace.



7. Boîte à lumière, pour éclairage diascopique. 1) Sujet. 2) Vitre. 3) Châssis en bois ou en carton rigide. 4) Miroir incliné. 5) Trajet des rayons lumineux.

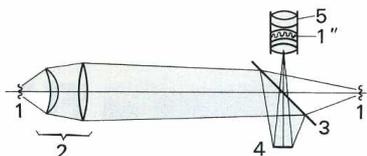
De même, pour les petits objets, une seule lampe (située dans l'axe optique) peut suffire, si elle ne tend pas à créer de surexposition centrale.

On doit se souvenir des conseils énumérés plus haut concernant les modifications de la température de couleur lors de l'emploi des dépouilles, des calques et du verre opale. ● **L'éclairage conventionnel avec miroir à 45° et condenseur.** Ce type où nous retrouvons les mêmes éléments que sur un microscope, est le plus élaboré et le meilleur (fig.



6. Réalisation d'un éclairage diascopique simple.

8). Pour tirer le meilleur rendement lumineux, le condenseur doit, comme sur un agrandisseur, être de focale appariée à l'objectif, mais en aucun cas de focale inférieure, sinon il ne couvrirait pas la totalité du sujet. Habituellement celui-ci est simplement posé sur la lentille supérieure du condenseur. En fait, le condenseur est à une seule lentille pour les faibles grossissements, à deux lentilles pour les objectifs de très courte focale. Le miroir plan est orientable en tous sens.



8. Éclairage épiscopique. 1) Source lumineuse. 2) Collecteur de la lampe. 3) Miroir semi-transparent (ou lame de verre) à 45°. 4) Sujet. 5) Objectif. 1' Première image de la source non utilisée. 1'' Deuxième image de la source sur le diaphragme de l'objectif.

Il est facile de réaliser un tel éclairage avec une boîte à lumière dont la face supérieure est occupée par un condenseur d'agrandisseur de petit format de focale appariée à la focale de l'objectif ou un peu plus longue.

Éclairages mixtes

● **Verre opale et lampes épiscopiques :** ce mode d'éclairage est utilisé lorsqu'on veut faire apparaître un objet opaque, éclairé par réflexion, sur un fond blanc.

● **Éclairage par miroir de Lieberkühn.** Le miroir de Lieberkühn est un petit miroir concave, percé en son centre qui se fixe à l'avant de l'objectif. L'objet opaque, éclairé normalement par en dessous (grâce à un miroir plan à 45°, par exemple), reçoit des rayons réfléchis vers le bas par le miroir de Lieberkühn; les rayons que l'objet renvoie à son tour contribuent à la formation de l'image. Le sujet se découpe normalement sur le fond clair de l'éclairage diascopique. Un plus grand contraste est obtenu en posant le sujet sur un petit cache noir qui arrête les rayons directs; il apparaît donc en teinte claire sur un fond noir.

(A suivre)

L. Gérard Colbère