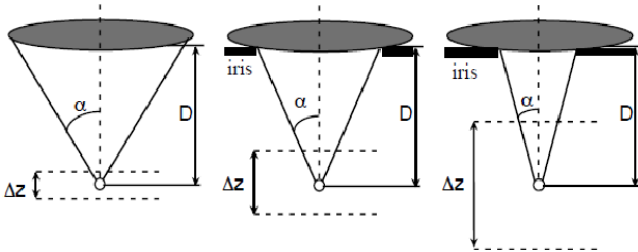


7- LES DIFFERENTES CONFIGURATIONS

Comme nous l'avons déjà évoqué, en photographie nous devons éclairer le sujet; or, plus nous grossissons et plus nous devons "coller" au sujet. C'est une histoire de profondeur de champ (PDC): or celle-ci est directement liée à l'ouverture numérique (ON). $ON = n \times \sin\theta$

n, indice de réfraction du milieu (air=1)

$\sin\theta$, angle formé par l'axe optique, le foyer objet et le bord de la lentille



Binoculaire :

Résolution de l'objectif

$$r = \lambda / (ON^2)$$

λ : longueur d'onde de la lumière = 0,55 μm

Pour une binoculaire nous avons comme profondeur de champ (PDC) :

$$PDC = ((n \times \lambda) / (2ON^2)) + (n / (7ON \times M))$$

M : grandissement total du zoom

Objectifs photo / Microscope :

$$ON = 1 / (2 \text{ F-number}),$$

(source: <http://en.wikipedia.org/wiki/F-number>)

Le F-number est l'ouverture maximale d'un objectif photo notée après sa focale. Ex : 50mm/F2.8

$$PDC(\mu\text{m}) = \lambda / (ON^2) \text{ (C.Krebs, 2008)}$$

Fnumber = taille photosite $\mu \times 2.12$ (Bouillot)

C'est l'ouverture minimale en deçà de laquelle les effets de la diffraction se font sentir et donc provoque une perte de piqué / de résolution.

Bref comme dirait Vincent Bourgoïn nous avons un problème à régler :

pour un champ de 10 mm, une PDC de 0,2 mm

pour un champ de 1,8 mm, une PDC de 15 μm

pour un champ de 1 mm, une PDC de 5 μm

pour un champ de 500 μm , une PDC de 1 μm

Comme vous pouvez le constater avec ces profondeurs de champ une prise de vue unique ne suffit en général pas. Heureusement est apparu le stacking (ou Zedification cf.lenaturaliste.net) qui est une technique logicielle permettant d'empiler les images et de ne garder que les zones nettes (PDC) générant ainsi à la façon d'un mille feuilles une image reconstituée nette de la totalité de sujet photographié. Cette technique est efficace mais implique d'ajouter à notre système un mécanisme permettant de générer un mouvement du sujet ou de l'APN.

C'est en combinant l'APN, le système de prise de vue, le système de mouvement, l'éclairage, la reconstitution logicielle et un éventuel post-traitement que sont obtenues les photos que vous pouvez admirer dans les cahiers.



Omsite - Correc d'en Llinassos - Pyrénées orientales
Photo: Vincent Bourgoïn -Champ: 0,2mm

7-1 Montage avec binoculaire ou trinoculaire.

Une binoculaire est un système fermé où les défauts sont corrigés partiellement par les oculaires comme pour un microscope. Les solutions de couplage sont restreintes : soit en visant au travers de l'oculaire, soit en couplant l'APN à la sortie photo d'une trinoculaire en utilisant le projectif et les coupleurs adaptés.

Si vous possédez déjà une binoculaire simple mais de qualité, l'envie de prendre une photo est fréquente. Heureusement, de nos jours, il n'est pas compliqué de trouver des adaptateurs sur la toile. Cette solution est confortable car vous avez une vision directe du champ et donc du résultat final.



Toutefois, plus vous grossissez et plus la qualité de votre bino sera poussée dans ses retranchements, et le prix d'une bino de pointe, qui permet de descendre sur des champs de 1 à 2 millimètres, coûte facilement plusieurs milliers d'euros.

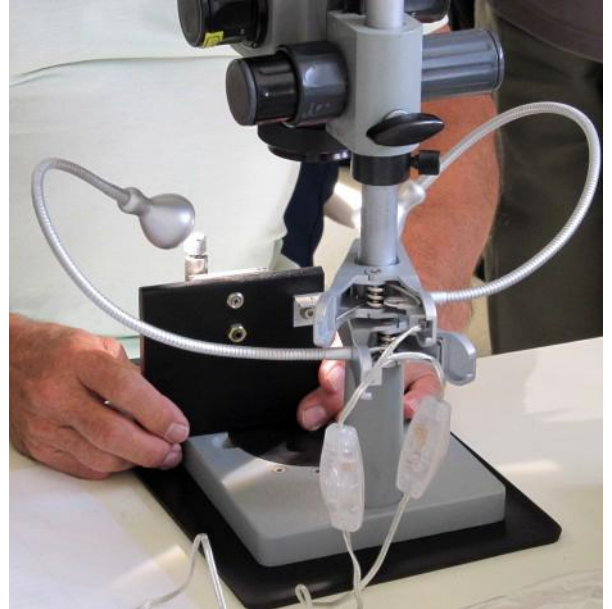
Mais le résultat est là: je ne peux pas tous les citer, mais nous pouvons voir assez régulièrement les productions de Vincent Bourgoïn et de Jean-Claude Dol.



Montage Trino de Jean Roche, 03/2011

Jean s'est particulièrement bien approprié sa trinoculaire russe en association avec un IXUS210 qu'il a astucieusement équipé d'un petit miroir.

Il montre son mouvement vertical micrométrique de son cru qui permet aussi de faire de la 3D par un système de bascule. Côté éclairage : des Ikéa Jansjo. La binoculaire de type Greenough ne paye pas de mine, mais les photos sont de toutes beautés. L'ensemble est économique.



Montage de Vincent Bourgoïn:

Il est plus atypique: cette Nikon SMZ1500 de type CMO est impressionnante sous tous ses aspects. C'est un monstre doté d'un zoom x15 qui a été équipé de toutes les options, caméra, sortie Trino, doubleur et diverses lentilles frontales pour pousser jusqu'à 4x:

- Plage de zoom: 0,75x à 11,25x,
- Facteur de zoom: 15,
- Grossissement total: de 3,75x à 1350x, avec oculaires 10x .



Enfin il a rajouté à la base un système qui permet de basculer l'objectif frontal et de positionner un objectif de microscope, en l'occurrence un Mitutoyo M PLAN APO 20x NA 0,42.

Un éclairage confocale délivre la lumière en utilisant le chemin optique de la bino; une source de lumière froide Schott à deux brins est utilisée en appoint.

Coté APN, c'est un Canon EOS 7D (capteur APS-C) directement piloté par un ordinateur portable via USB.



Coté mouvement, un petit système de levage à pas micrométrique avec un trou central permettant de positionner la fameuse demi-balle de golf "Jean-Marc", porteuse de la boîte micro : simple et efficace.



Cet ensemble hors normes permet de couvrir des champs de 23 mm à 0,15 mm soit un rapport de près de 150x.



*Menezesite - Minas Gerais - Brésil
Collection & Photo: Vincent Bourgoïn*

7-2 Montages avec objectifs de microscope.

Il y a quelques difficultés à utiliser les objectifs de microscope.

En utilisation normale, un objectif de microscope est toujours couplé avec un oculaire. Dans cette configuration l'objectif crée une image intermédiaire agrandie qui est encore grossie par l'oculaire. On pourrait penser que les concepteurs de ces objectifs cherchent à créer la meilleure image intermédiaire possible, mais ce n'est pas tout à fait le cas. En fait, ils essaient de créer la meilleure image possible finale.

L'image intermédiaire par elle-même n'a pas d'intérêt mais en raison de certains aspects subtils de la conception de l'objectif, il s'avère plus facile de créer une image finale de qualité que de corriger partiellement les aberrations de l'objectif, puis de terminer avec une correction dans l'oculaire.

Ainsi, sur la plupart des objectifs, l'image intermédiaire est un peu imparfaite, présentant généralement une courbure de champ et des aberrations chromatiques qui sont absentes de l'image finale.

Dans ce sens, la méthode la plus fiable pour obtenir une bonne image au travers d'un objectif de microscope est d'utiliser cet objectif avec son oculaire correspondant, et d'ajouter un appareil photo à cette combinaison. C'est ce qu'on appelle une configuration "afocale".

Mais il y a un autre soucis : l'oculaire d'un microscope est conçu pour fonctionner avec un œil humain.

Fondamentalement, cela signifie qu'il est conçu pour s'adapter parfaitement avec un système optique dont la pupille d'entrée est placée physiquement à quelques millimètres de la surface de l'oculaire. Cela pose un problème pour de nombreux appareils photo, car la pupille d'entrée de leur objectifs est beaucoup plus éloignée de la surface (la pupille d'entrée est exactement où l'ouverture semble être. (fermez le diaphragme et regardez dedans pour voir où c'est).

Quand la pupille d'entrée est trop éloignée, l'oculaire et l'objectif de l'APN ne correspondent pas. Selon la gravité de cette divergence, ainsi que quelques détails liés à la conception de l'objectif qu'il est difficile de connaître, vous pourrez obtenir du vignettage, des dégradations d'image telles qu'une réduction de la résolution, ou une aberration chromatique, ou les deux.

A ce stade beaucoup de choses peuvent mal se passer. En général, pointer son APN vers le bas sur l'oculaire d'un microscope ne fonctionne pas très bien. Alors, que faire?

7-2-1 Montage trinoculaire

Cette approche consiste à retirer l'objectif de l'APN et utiliser ce qu'on appelle un "oculaire projectif" qui est conçu pour intercepter l'image intermédiaire formée par l'objectif du microscope à proximité de l'extrémité du tube de



l'oculaire et le relayer sur le capteur de l'appareil photo, qui bien sûr est monté un peu plus loin. Si l'oculaire de projection est bien adaptée aux objectifs, cette approche donne des résultats superbes. Sinon, ce système est à éviter.



. Une autre approche consiste à faire disparaître l'oculaire et laisser l'image de l'objectif se former directement sur le capteur de l'APN. Grâce à une heureuse coïncidence, la taille du capteur d'un APN avec un ratio d'agrandissement de 1,6, est assez proche de la taille du champ de l'oculaire, ce qui signifie qu'il y a une bonne adéquation entre la taille image de haute qualité créé par l'objectif et la taille du capteur qui va capturer cette image.

Mais il reste toujours ce petit problème qu'ont de nombreux objectifs : l'image intermédiaire (l'image finale dans cette configuration) aura quelques aberrations. La courbure de champ n'est pas grave si vous faites du stacking, mais l'aberration chromatique pose un problème. Même si vous supprimez les franges de couleur évidentes au post-traitement, vous avez toujours un décalage avec une certaine perte de résolution au centre car la lentille a des grossissements légèrement différents selon les longueurs d'onde dans chaque bande (R, G, B).

L'astuce pour bien faire ce travail d'approche consiste à choisir un objectif qui est bien corrigé tout seul. Ces objectifs ne sont plus fabriqués (pour autant que je sache, et j'aimerais être corrigé sur ce point!), Mais ils sont encore disponibles moyennant un peu de recherche.

Sur les forums quand quelqu'un utilise un objectif de microscope associé à un soufflet, on évoque souvent les objectifs Nikon CF PLAN, de type finis spécialement conçus par Nikon pour compenser les aberrations chromatiques. Il y a aussi d'autres référence comme les Nikon BD, ou les M PLAN et autres mais la référence dans ce domaine ce sont les objectifs Mitutoyo PLAN APO qui sont des optiques plus récentes et infinies (elles nécessitent la présence d'une lentille de tube de F180mm).

Il est à noter que aussi bien les objectifs finis qu'infinis permettent plus ou moins, selon le modèle, une petite variation de l'allongement du tirage ou de la focale de la lentille de tube (tube lens, TL). Ainsi, couplé avec un objectif F=150mm au lieu des 200mm requis, un Mitutoyo 10x deviendra un 5x et avec une focale de 300mm, un 15x. Attention l'objectif intermédiaire utilisé comme TL doit être de très bonne qualité.

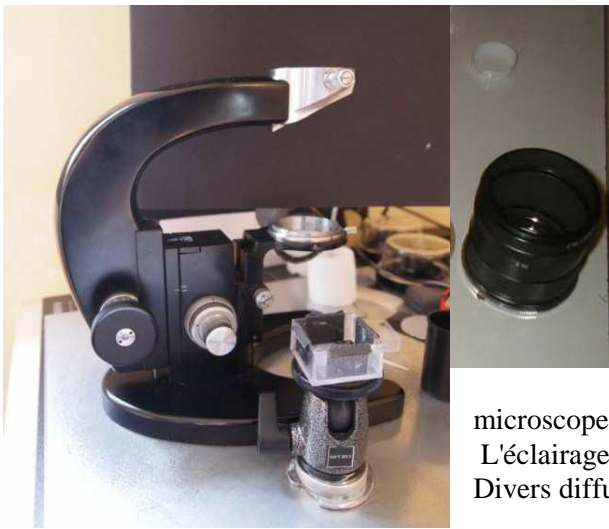
7-2-2 Montage AFOCAL avec APN compact

Une autre approche consiste à utiliser un objectif avec son oculaire adaptée, en étant prudent sur le choix et la configuration de l'APN pour photographier au travers de l'oculaire, donc en utilisant une configuration afocale. On peut alors utiliser deux approches :

- Une approche "APN compact" qui consiste à sélectionner une caméra dont l'objectif est raisonnablement semblable à un œil humain. Certains compacts sont équipés d'objectifs qui ont leurs pupilles d'entrée assez proche de l'avant. Un tel APN s'accouplera bien avec des oculaires "champ large" conçus pour les personnes qui portent des lunettes. Malheureusement, l'emplacement de la pupille d'entrée n'a jamais fait partie du cahier des charges de ces APN, de sorte que deux appareil d'un même modèle ne donne pas forcément le même résultat. Cette configuration utilisée par Jean-Marc Johannet jusqu'en 2010 reste toujours aussi efficace.

Cette photo vous montre l'installation à l'extension maximale et avec l'objectif Nikon U10. Dans cette configuration, le champ de vision est un peu inférieur à 3 mm.





APN : d'abord un Canon Ixus 500, puis un Canon Powershot S70 avec l'adaptateur LA DC10.

Oculaire: Meiji SWX x10 (ou un Wild x10/21)

Soufflet Minolta auto III + Bague allonge Minolta MD (partie mâle) - Adaptateur Canon FD/RMS collé sur bague allonge.

Objectifs: Canon RMS 20 mm et 35 mm,

Objectif de microscope Leitz Achromatique x10/0.25 170/-, monté sur une bague allonge Minolta équipée de l'adaptateur RMS. Nikon U10 et U20 (ils sont équipés d'un iris)

L'ensemble APN / soufflet / objectif est fixé sur un support qui reste fixe. Le mouvement est effectué à l'aide d'une embase de microscope Euromex.

L'éclairage est basé sur des lampes à LED de bureau

Divers diffuseurs sont utilisés au moment de la prise de vue.



Apatite Photo: Jean-Marc Johannet

7-2-3 Montage AFOCAL avec reflex / COI

La dernière possibilité est d'utiliser un appareil à objectif interchangeable et de choisir spécifiquement un objectif qui ira bien avec l'oculaire de la lunette. Les zooms qu'on trouve généralement dans les kits de caméra ne sont pas susceptibles de bien fonctionner. Leurs pupilles d'entrée sont trop loin.

Cependant, il s'avère que les objectifs avec des focales assez courtes et de longueur fixe «TOP» comme celles qui sont employées sur les vieux reflex film ne sont vraiment pas loin d'être idéaux.

A partir de 2010, suite à l'achat d'un superbe objectif, un Nikon M plan x20/0.40 ELWD, Jean-Marc découvre les

limites de son montage. D'où les changements :

APN Canon EOS 50D

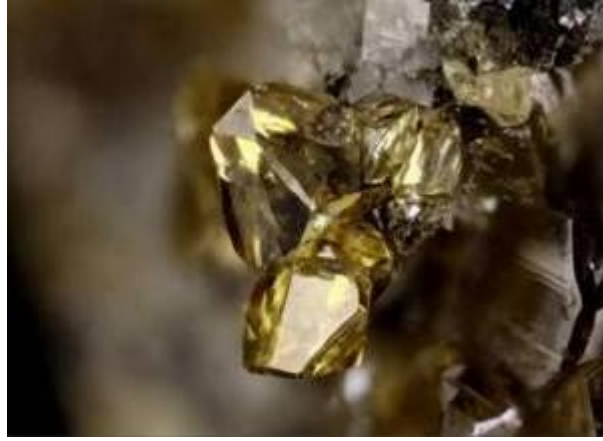
Soufflet Minolta IV

Objectifs: Canon (RMS) 35mm et 20mm; Minolta MD 50mm et 100mm macro, EL Nikkor 50mm f/2.8, Nikon U10 et U20,

Nikon M Plan 20/0.40 ELWD

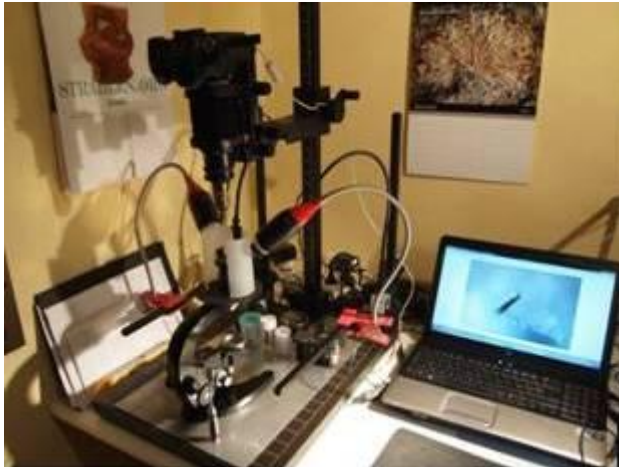
Nouvel embase de microscope avec pas micrométrique + tête orientable Gitzo positionnée dans la baïonnette à la place de la tête du microscope
Eclairage inchangé.





Sphalérite - St Felix de Pallières Photo Jean-Marc Johannet - 23/12/2010

7-2-4 Macroscopie AFOCAL avec reflex / COI et objectif microscope infini.



C'est le dernier montage utilisé par Jean-Marc Johannet (4-2011)
 Matériel utilisé: APN : Canon EOS 50 D + alimentation secteur ACK E2

Ordinateur PC + connexion USB Bagues d'adaptation + soufflet Minolta IV + optiques diverses et variées ---> aucun automatisme transmis, tout en manuel. Matériel éclairage lumière continue: 2 spots IKEA Jankso + diffuseurs. Matériel éclairage flash: Flash speedlite 430 EX II Trigger Yongnuo CTR-301P

Ce montage est inspiré du forum anglo-saxon photomacrography et des expériences des uns et des autres

Installation photographique de Jean-Marc Johannet - 8 Avril 2011.

Cet objectif est un montage avec une lentille achromatique très bon marché (longueur focale de 172mm).



Le filetage du tube optique est un peu plus étroit que celui de 42mm mais il prends tout de même, et un peu de téflon renforce le montage. Il est monté dans la bague allonge moyennant du jeu qui a dû être un peu poncée à l'intérieur pour laisser passer le tube en totalité. Le tube doit être vissé un peu en retrait du bord de la bague allonge pour laisser assez de pas de vis pour que l'adaptateur 42mm-RMS tienne à l'extrémité.

Cet ensemble est ensuite inséré dans la bague allonge la plus grande, elle-même fixée au soufflet grâce à un adaptateur M42-Minolta MD.

L'objectif est positionné sur cet ensemble au moyen de l'adaptateur RMS-M25 0,75. La longueur de l'allongement idéal a été déterminée empiriquement en visant vers l'infini avec ce dispositif sans l'objectif.

C'est dans ces conditions que les résultats sont les meilleurs: un allongement supplémentaire permet de grossir un peu plus sans perte de qualité importante, par contre une réduction de l'allongement est rapidement préjudiciable à la qualité.

Autre cas de figure : Montage avec le Mitutoyo M PlanApo 10 + diaphragme Jinfiance fermé aux 4/5.



7-3 Montage sur microscopes

Le montage d'un réflex sur un microscope est une chose facile; toutefois, pour l'avoir testé, je n'en recommande pas l'usage car le débattement entre la platine et l'objectif est trop faible et limite donc la taille des échantillons aux petites boîtes tout en rendant compliqué la gestion de l'éclairage.

Matériel utilisé:

APN Canon EOS 1000D, pilotage direct par PC portable via USB.

Objectifs :

X4 Chinois (cn-scope) NA 0,10 160/0,17

10x Nikon E Plan NA 0,25 170/0,17

JML 21mm F3,5

Leitz Summar 42m

Mouvement : Base micrométrique du microscope Olympus CH-2

Eclairage : Ikéa Jansjo.





*Carminite - Les Montsmins,
Photo P.C.; Coll. P.Monniot - Fov 1,8mm*

Mon autre montage :

Cette fois le 1000D est fixé sur un soufflet qui, lui, est directement fixé sur le col du wetzlar avec une bague T2 et un adaptateur.

Le sujet ne bouge pas, c'est l'APN qui descend grâce au mouvement micrométrique (pas fin). Cette configuration à l'avantage de pouvoir être adaptée à des pièces plus importantes car la platine se dévisse.



7-4 D'autres systèmes: le banc "Macro"

Pour résumer, un banc macro idéal reprend les éléments que nous avons vu jusqu'à présent à savoir:

- Un support pour l'ensemble APN,
- Un système optique comportant des objectifs et accessoires optiques,
- Un support du sujet, qui effectue le mouvement vertical,
- Un éclairage adapté.

7-4-1 L'APN:

- Le compact est un bon début à condition de bien le choisir... l'objectif étant mobile son adaptation est délicate: Ixus 500.
 - Le bridge avec les bonnettes Raynox / Canon est un très bon compromis: Lumix ZF48.
- Attention à la distorsion de l'image dû à la position grand angle.

On peut ajouter un bouchon adaptateur et des objectifs microscope mais la gestion est délicate car l'objectif est mobile.

- Le COI: c'est le meilleur choix possible si tout y est: voir le détail .. Nex 5N, EM-D, Nex7.

- Reflex: mon choix Canon 5D Mark II (haut de gamme), EOS 1100D (bas de gamme)

7-4-2 Le support:

C'est lui qui va supporter l'APN, les optiques, et les accessoires.

Il faut le choisir solide et rigide:

- Solide et relativement lourd, car il y a du matériel de prix dessus,

- Rigide, car il faut éviter la moindre source de vibration. Certains puristes utilisent une embase de marbre: ce n'est pas pour rien.

La plupart des Macroscopes sont conçus avec un vieux banc de reproduction argentique ou un banc d'agrandisseur type Kayser: un must, le banc POLAROID MP4 (poids 60kg!).

7-4-3 Le Système optique:

Jusqu'à 4:1, un montage avec Soufflet + optique inversée est une option performante à moindre coût.

De 4:1 à 20:1 un soufflet plus une optique de microscope finie.

Mes préférés:

Cnscope 4x NA 0,10 160/0,17 (<30€)

Très souple, il donne d'excellents résultats entre 3x et 7x selon le tirage sur APS-C EOS.

Nikon E PLAN 10x NA 0,25 170/0 (<60€)

Très souple et il donne d'excellents résultats entre 7x et 15x selon le tirage sur APS-C EOS.

JML 20x (<70€)

Très souple et il donne d'excellents résultats entre 15x et 25x selon le tirage sur APS-C EOS.

JML 21mm F3,5 (...€)



*Gypse - La Commanderie - Deux Sèvres
Hauteur du champ photographié: 5mm -
30 images empilées avec Combine Z
Objectif El Nikkor 50mm, f:2.8 inversé
Appareil Canon EOS 50D*

D'excellents résultats sont obtenus en couplant un objectif 200mm et un objectif comme le Nikon CF PLAN 20w NA0,40 inf/0 ELWD.

Microscopes :

Conseils pour adapter un reflex (APS-C , crop 1.5X - 1.6X) sur un microscope:

Les meilleurs résultats obtenus pour un montage objectif sur l'APN +oculaire de 18mm sont:

- Objectif de 63mm et oculaire 6.3X,

- Objectif de 50mm et oculaire 8X,

- Objectif de 35 ou 40mm et oculaire 10X.

Les bonnettes :

Raynox DCR 150, DCR250, MSN 202, MSN 505, et Canon 500 D, 250 D.



*Anatase - Le Plan du Lac - Isère
Largeur du champ photographié: 2mm
30 images empilées avec Combine Z
Objectif JML 21mm, f:3.5
Appareil Canon EOS 50D*

Objectifs inversés :

Je vous conseille de visiter la base www.naturfotograf.com. Sinon les objectifs d'agrandisseurs comme le EL NIKKOR 50mm F2,8. Quelques test intéressants ont été réalisés sur l'excellent site www.lenaturaliste.net. Enfin, un Objectif Canon 18-55mm (kit de base) donne de très bons résultats pour quelques euros.

Les bagues d'adaptation :

Un jeu de bagues se vissant sur le porte filtre sera toujours utile : vous les trouverez sur la toile en tapant « step rings for lens ».

Objectifs finis : Bague APN → M42, puis Adaptateur cône M42 à RMS (jmfinance)

Objectif infini : Diam M42 > M25

7-4-4 Le mouvement:

Les versions sont nombreuses: en version économique il ya le vieil objectif d'appareil photo dont on fait sortir le zoom bouchonné sur lequel on pose le sujet, ou le "fait maison" avec un comparateur posé sur un mouvement vertical. En général, on préférera utiliser un corps de microscope qui a l'avantage d'avoir un mouvement rapide et un mouvement fin micrométrique, et surtout qui ne transmet pas de mouvements parasites au sujet. Le modèle très recherché est un corps d'Olympus CH ou de Motoc décapité pour la cause; son pas fin est très bien fait et précis (2μ).

Pour les gros stackeurs, je suggère la version automatisée: le STACKSHOT de COGNISYS qui est complètement adapté à nos besoins. Il avance et déclenche la prise de vue automatiquement du point haut au point bas, en faisant des poses de stabilisation au nombre de pas voulu ou à la profondeur de champ sélectionnée. Un seul inconvénient le prix ... d'un très bon objectif. Il existe des versions «maison» comme le StepDuino développé sur le site du naturaliste.



Le système 3D est un mouvement microscopique sur lequel on a rajouté un mouvement latéral limité de 6 à 8° car il s'agit de prendre deux photos du même sujet en décalant latéralement le sujet de droite à gauche. Les deux photos obtenues forment alors un "couple stéréoscopique" avec une photo "droite" et une photo "gauche".

7-4-5 L'éclairage

Idéalement, il faut avoir deux sources de lumière et utiliser les deux systèmes, continue et flash, en parallèle. La lumière continue sert à «déboucher» les zones trop sombres; on peut compenser l'absence d'une deuxième source en utilisant de petits miroirs ou des diffuseurs.