

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

FAIRE D'UN SMARTPHONE UN MICROSCOPE PERFORMANT

Réaliser sur le terrain des observations microscopiques de qualité avec un simple téléphone portable est désormais possible – et à la portée de toutes les bourses.

Faire un examen microscopique d'une goutte de sang en pleine jungle quand on soupçonne une crise de paludisme? Jusque récemment, c'était impossible sans du matériel coûteux, encombrant et fragile. Mais cela va changer. Car en associant à un smartphone un dispositif optique approprié, petit et réalisable à peu de frais avec une imprimante 3D par exemple, on peut obtenir un microscope mobile de bonne qualité et ayant la résolution requise, de l'ordre du micromètre.

Comme la plupart des autres microorganismes, le parasite responsable du paludisme a une taille de l'ordre de quelques micromètres. Impossible donc à observer à l'œil nu: avec un pouvoir de résolution angulaire de l'ordre de 1 minute d'arc, l'œil parvient tout juste à distinguer des détails d'au moins 50 micromètres (ou 0,05 millimètre).

Une loupe grossissant dix fois ne suffit pas, et il faut donc s'orienter vers un instrument d'optique plus perfectionné, le microscope.

COMBINER DEUX LENTILLES

Un microscope optique comporte en général un objectif qui permet d'obtenir une image agrandie mais inversée d'un objet, que l'on regarde ensuite sans accommoder à travers une loupe appelée oculaire (voir l'encadré page ci-contre). En combinant ainsi les grossissements des deux lentilles (ou systèmes de lentilles), on atteint facilement les valeurs suffisantes ($\times 100$ ou $\times 400$, voire plus) pour observer des microorganismes.

Or les téléphones portables d'aujourd'hui intègrent un appareil photo de bonne qualité. Ne suffit-il pas d'ajouter à un tel appareil un «objectif» pour le transformer en microscope? Et de s'inspirer de Manu Prakash, à l'université

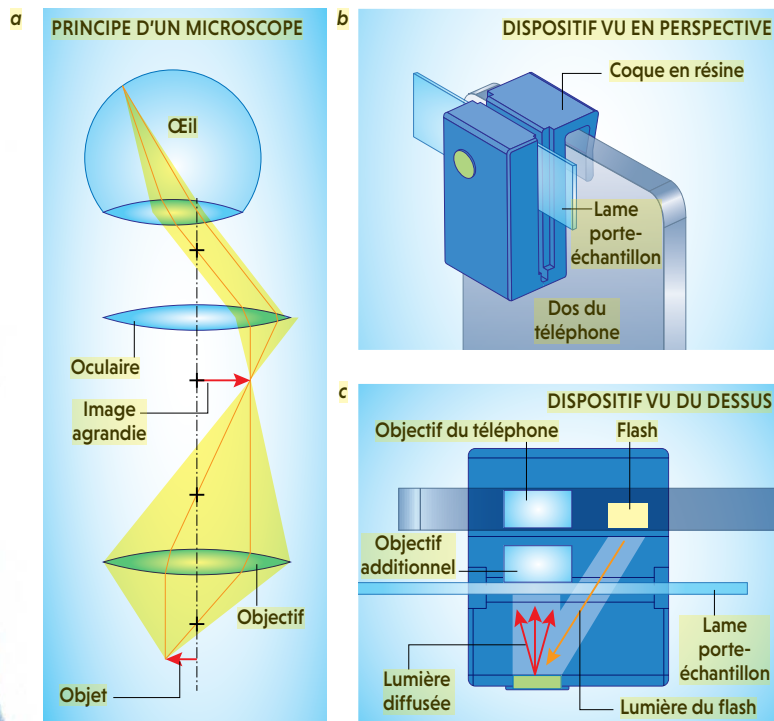


Stanford, qui a utilisé une toute petite bille de verre, peu coûteuse, pour réaliser un microscope-origami (voir la bibliographie)?

Hélas, l'une des difficultés en microscopie est d'obtenir une bonne résolution sur un champ de vision large, ce qui demande de corriger les aberrations: aberrations chromatiques liées à la présence de différentes longueurs d'onde dans la lumière que les verres dispersent comme dans un prisme, aberrations géométriques dues aux rayons qui sont très inclinés par rapport aux surfaces des lentilles et qui vont rendre floue l'image. Ce dernier point est en pratique rédhibitoire

LE TÉLÉPHONE-MICROSCOPE PORTABLE

La microscopie optique nécessite deux lentilles (ou deux systèmes de lentilles) l'une faisant office d'oculaire, l'autre d'objectif (a). Un dispositif simple et peu coûteux consiste à associer à un téléphone portable moderne, muni d'un écran et d'un objectif photographique, un deuxième objectif identique (b, c). L'image formée sur le capteur électronique du téléphone est alors agrandie sur l'écran. La coque en résine, obtenue par impression 3D, comporte des tunnels qui guident la lumière du flash de l'appareil : cette lumière est d'abord diffusée par une paroi avant de traverser l'échantillon observé et d'atteindre le capteur.



pour l'utilisation de billes de verre : la zone de netteté au voisinage de l'axe optique est trop limitée.

On peut aussi s'orienter vers des systèmes à plusieurs lentilles, voire placer un ensemble objectif-oculaire devant le téléphone qui sert alors d'œil. Mais ces systèmes sont coûteux, peu robustes et ne profitent pas pleinement du champ de vision angulaire élevé des smartphones (jusqu'à 60 degrés) : l'image qu'ils forment n'occupe pas l'intégralité de la surface du capteur de l'appareil photographique et donc, *in fine*, de l'écran du téléphone.

En 2014, trois chercheurs de l'université de Californie à Berkeley, Neil Switz,

Michael D'Ambrosio et Daniel Fletcher, ont proposé d'utiliser en externe le même objectif que celui du smartphone, mais renversé. Un tel objectif est peu coûteux compte tenu de sa production en série, et le champ de vision est exploité pleinement. En plaçant l'échantillon à observer dans le plan focal de l'objectif externe, on obtient une image inversée de même taille dans le plan image de l'objectif interne, c'est-à-dire là où se trouve le capteur de l'appareil photo. Il n'y a donc pas de grossissement au niveau du capteur, mais, à cause de la taille réduite des pixels du capteur (1,4 micromètre), la résolution est quand même micrométrique !

L'image étant affichée sur l'écran de l'appareil, qui est beaucoup plus grand que le capteur, elle est grossie. Avec un iPhone 4S (écran de 33 centimètres carrés, capteur de 16 millimètres carrés), on obtient au mieux un grossissement de 14,4. Mais comme il y a plus de pixels sur le capteur (3264×2448) que sur l'écran (960×640), on peut zoomer électroniquement. On atteint ainsi un grossissement effectif d'environ 60 fois. ➤

Les auteurs ont récemment publié : **En avant la physique !**, une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).

