

Opérations de base sur ImageJ

TPs d'hydrodynamique de l'ESPCI, J. Bico, M. Reyssat, M. Fermigier

ImageJ est un logiciel libre, qui fonctionne aussi bien sous plate-forme Windows, Mac ou Linux. Initialement développé pour analyser des images médicales par le National Institute of Health, c'est un outil très versatile pour effectuer des mesures physiques à partir d'images ou de vidéos. Vous pouvez le télécharger gratuitement sur le site: <http://rsb.info.nih.gov>. De multiples macros, plug-ins et exemples sont également disponibles sur ce site.

Sans chercher à décrire toutes les possibilités de ce logiciel, nous présentons ici quelques éléments qui pourront être utiles pour les TP ou tutorats.

Afin d'éviter de manipuler des images trop grosses qui risquent de saturer la mémoire de l'ordinateur, il est ainsi recommandé de recadrer l'image en sélectionnant la partie intéressante dans un rectangle puis en appliquant la commande **Image/Crop**.

Les images issues d'un appareil photo sont en général codées en RGB (Red, Green, Blue) avec une résolution de 8 bits par pixel. Si la couleur n'est pas nécessaire il est conseillé de convertir ces images en niveau de gris qui demandent 3 fois moins de mémoire grâce à la commande **Image/Type/8-bit**.

Si la partie intéressante de l'image s'avère être claire sur un fond sombre, il est conseillé d'imprimer le négatif de l'image. Pour cela il suffit d'appliquer **Edit/Invert**.

1 Image unique

1.1 Imposer une échelle, mesurer des longueurs

Une image numérique est composée de pixels. Une des premières opérations classiques est donc de convertir la taille des pixels en longueur physique. Pour cela, **il ne faut pas oublier de prendre une échelle sur l'image**. À l'aide de l'outil "straight line", on peut tracer un ligne entre les extrémités de cette échelle. La longueur de la ligne (en pixels) s'affiche sur la barre d'outils. Pour passer des pixels à une longueur physique, aller sur **Analyse/Set Scale...** et indiquer l'unité de mesure et la longueur dans la case "known distance".

On peut aussi avoir besoin de mesurer plusieurs longueurs sur la même image. On veut par exemple mesurer la taille des ronds font des traceurs dans un cuve à vague.

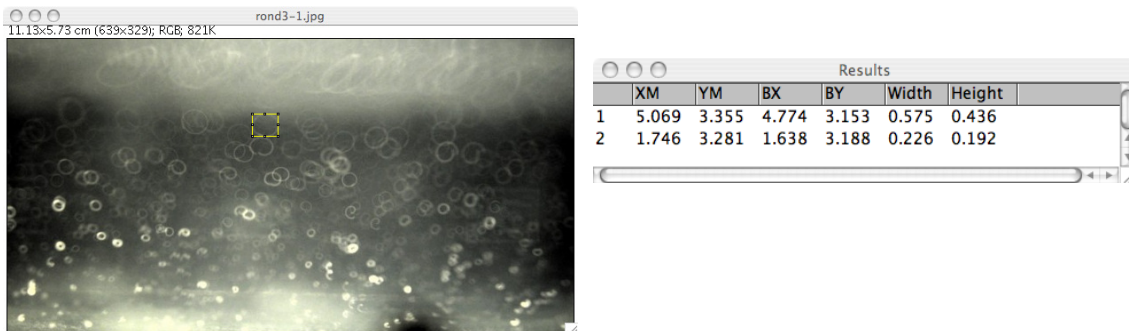


Figure 1: Mesures successives sur une même image.

Un outil commode est **Analyse/Measure** (raccourci Ctrl M ou pomme M, selon le système). À chaque fois que l'on fait "Measure", une ligne avec les données mesurées va s'ajouter sur une fenêtre de texte qu'il suffira de copier-coller pour analyser les données. Avant cela, il faut regarder ce qui va être sauvé dans **Analyse/Set Measurements** et cocher ce qui nous intéresse. Dans le cas des ronds dans l'eau, on cochera par exemple "center of mass" et "bounding rectangle": en entourant les ronds par un rectangle (passer de l'outil ligne à rectangle sur la barre d'outils), on aura ainsi la position du centre et le diamètre des cercles.

1.2 Mesurer un profil d'intensité

Il peut être utile de mesurer l'intensité lumineuse le long d'une ligne. Pour cela il suffit de sélectionner la ligne à l'aide de l'outil ligne, puis d'appliquer **Analyse/Plot Profile**. Le profil en échelle de gris apparaît sur une nouvelle fenêtre (sur l'échelle 0 = noir, 255 = blanc). On peut en sauver les valeurs sur un fichier en cliquant sur "save". La même fonction peut s'appliquer à un rectangle. On obtient alors un profil moyen (moins bruité) sur les lignes horizontales.

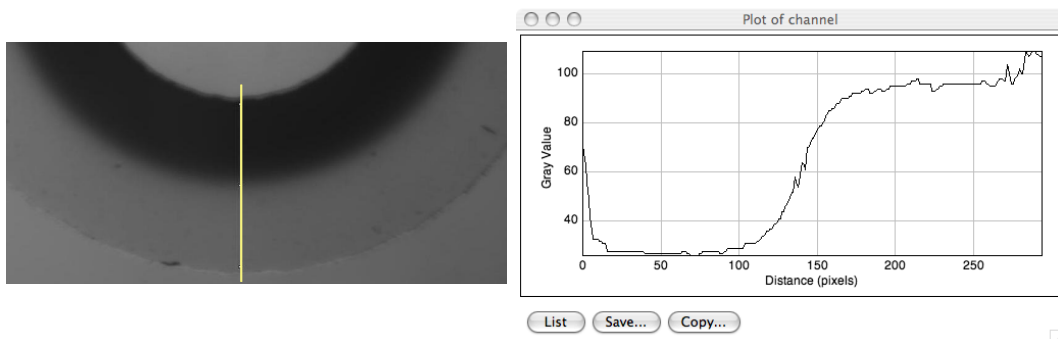


Figure 2: Profil d'intensité sur une ligne.

1.3 Augmenter un contraste

Parfois le contraste d'une image n'est pas suffisant pour visualiser un motif. On peut cependant augmenter le contraste d'une image grâce **Image/Adjust/Brightness/Contrast...** Il suffit alors de faire glisser les curseurs. Le bruit de l'image est cependant amplifié. L'idéal est donc de partir d'une image de départ la plus contrastée possible.

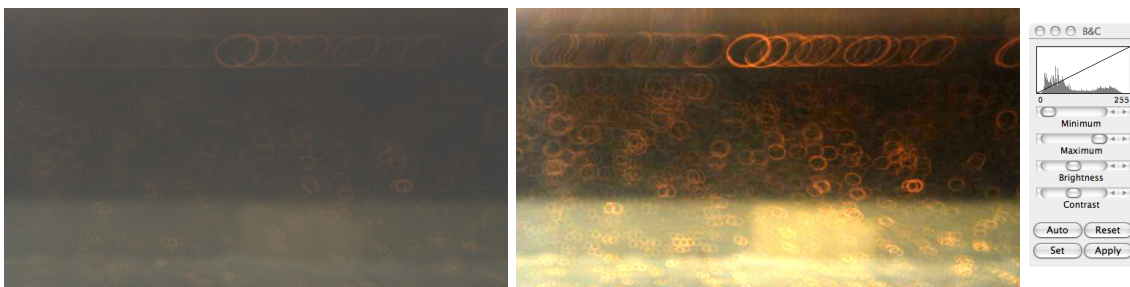


Figure 3: Augmentation du contraste d'une image.

1.4 Binariser une image

Certaines applications (détection de contour par exemple) font appel à une image binarisée (c'est-à-dire en noir et blanc). Si l'image est en couleur, il faut tout d'abord transformer la couleur en échelle de gris en allant sur **Image/Type/8-bit**. Ensuite on définit un seuil en niveau de gris qui sépare le 'noir' du 'blanc' grâce à **Image/Adjust/Threshold...** Il suffit de faire glisser le curseur. Ce qui sera noir au final apparaît en rouge sur l'image intermédiaire, ce qui est commode pour ajuster le seuil.

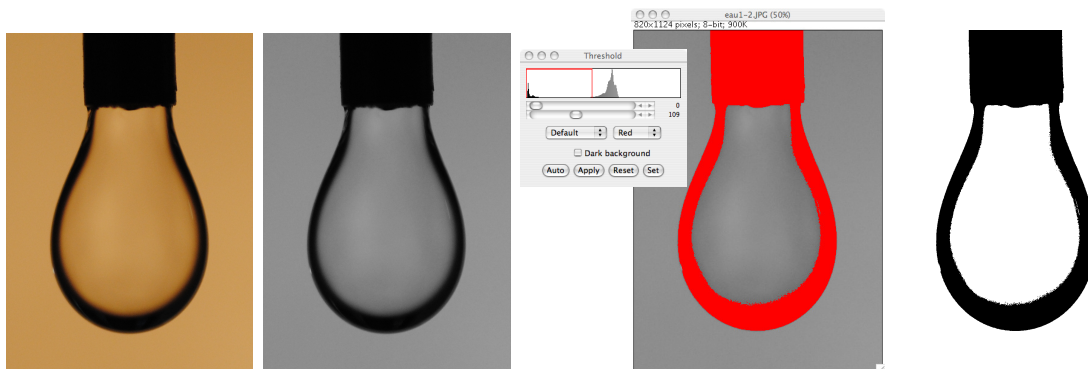


Figure 4: Image en couleur, en échelle de gris, en cours de seuillage et binarisée.

1.5 Détecter un contour

Un contour s'obtient simplement par la dérivée spatiale de l'image: la dérivée est nulle dans la partie toute noire ou toute blanche et est maximale lors du passage du noir au blanc. Avant de dériver l'image, il est parfois utile de 'boucher' les trous, ce que l'on peut réaliser grâce à la fonction **Process/Binary/Fill Holes**.

La fonction qui dérive l'image est **Process/Find Edges**, ce qui permet d'obtenir le contour¹. Ce dernier peut être un peu épais, mais on peut l'amincir à un pixel de large grâce à la fonction **Process/Binary/Skeletonize**. Enfin, il est possible de sauver les coordonnées de la ligne noire en cliquant sur **Analyse/Tools/Save XY Coordinates...** Le résultat est un tableau de valeurs format .txt avec les coordonnées et les niveaux de gris des points (255 en l'occurrence pour du noir).

1.6 Analyse automatique de particules

ImageJ permet également de détecter et d'analyser automatiquement des "particules" (ce qui permet par exemple d'estimer une distribution de taille de grains sur un cliché). Une telle particule étant définie comme un ensemble de pixels noirs, il faut au préalable binariser l'image. Puis après avoir défini les quantités à mesurer sur **Analyse/Set Measurements**,

¹L'opération Find Edges met en œuvre l'algorithme suivant:

$p_1 \dots p_9$ désignent les cases de la matrice 3x3 qui entoure le pixel exploré (p_5);

$sum_1 = p_1 + 2p_2 + p_3 - p_7 - 2p_8 - p_9$;

$sum_2 = p_1 + 2p_4 + p_7 - p_3 - 2p_6 - p_9$;

$sum = \sqrt{sum_1^2 + sum_2^2}$; if ($sum > 255$) $sum = 255$ (sum est le niveau de gris affecté au pixel exploré).

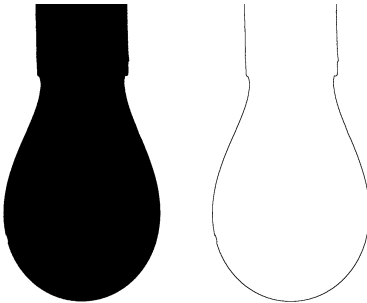


Figure 5: Image ‘sans trous’, contour issu de la dérivation.

il suffit de lancer **Analyse/Analyse Particles...** On peut sélectionner sur la fenêtre correspondante la gamme des tailles de particules prises en compte ainsi que d'autres options. Une fois l'analyse terminée, le contour des particules et le numéro qui leur a été assigné apparaît sur une nouvelle fenêtre ainsi que la liste des résultats que l'on peut sauvegarder en format texte.

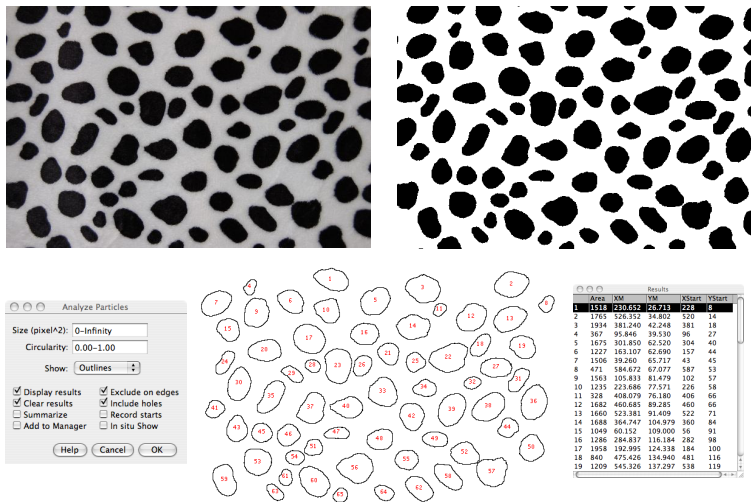


Figure 6: Image initiale, binarisée, après analyse de particules.

2 Films et successions d'images

ImageJ permet de travailler sur des films qui sont interprétés comme des séquences d'images (“stacks”). Ceci permet par exemple de mesurer une vitesse en quelques clics.

2.1 Récupérer un film

Les dernières versions d'ImageJ sont de plus en plus compatibles avec les différents formats vidéo produits par les logiciels d'édition de films. Pour ouvrir un film sur ImageJ on peut donc tenter l'opération **File/Import/AVI...** ou **File/Import/Using QuickTime...** Vous pouvez alors tenter d'ouvrir directement le “clip” initial au format .dv importé à partir de

la caméra. Cependant cela ne fonctionne pas à tous les coups. Le plus simple est alors de sauvegarder le film sous forme de séquence d'image qu'ImageJ saura ouvrir sans difficulté (un sous-dossier par film, sinon on ne s'y retrouve plus!). Il suffit pour cela d'aller sur **File/Import/Image Sequence...**, puis de cliquer sur l'une des images. Si le film est initialement en couleur, et que celle-ci n'est pas nécessaire, cocher l'option **Convert to 8-bit grayscale**. Dès que le nombre d'images est un peu grand, l'importation complète de la séquence d'images peut saturer la mémoire de l'ordinateur. On peut s'en sortir en cochant l'option **Virtual Stack**. Les opérations sont alors un peu plus longues (le programme ouvre et ferme les images successivement), mais il n'y a plus de limite de mémoire.

2.2 Mesurer une vitesse

Comment mesurer une vitesse sans laborieusement mesurer à la main un déplacement image après image? Il suffit pour cela de sélectionner une ligne parcourue par la trajectoire étudiée et de la représenter au cours du temps. En superposant ces lignes au cours du temps (1 pixel pour chaque cliché), on crée une nouvelle image (au nom un peu prétentieux de diagramme spatio-temporel). La même opération est réalisée en imagerie médicale lorsqu'on déduit une coupe longitudinale d'un organe à partir d'une succession de coupes transversales. Pour effectuer cette opération, il suffit d'aller sur **Image/Stacks/Reslice...** Cocher "Rotate 90 Degrees" permet d'avoir le temps sur l'axe horizontal, ce qui peut simplifier l'interprétation du diagramme.

Dans l'exemple suivant, nous observons l'éclatement d'un film de savon filmé à 4500 images/secondes. Le diamètre du cadre est de 15 cm. Nous sélectionnons une ligne qui passe par le centre du trou, puis effectuons l'opération de "reslice".

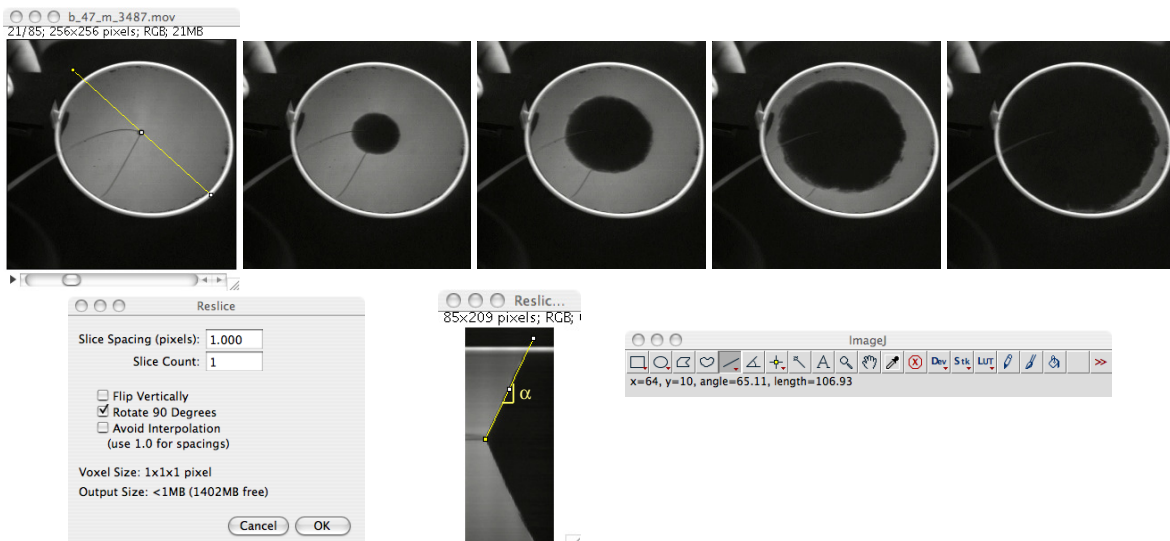


Figure 7: Éclatement d'un film de savon: quelques clichés de la séquence d'image, opération "reslice" à partir de la ligne définie sur la séquence, diagramme spatio-temporel, mesure de l'angle de la ligne sur la barre d'outils.

Nous obtenons un diagramme “spatio-temporel” dans lequel la ligne prélevée sur chaque image est représentée verticalement, le temps étant représenté par l’axe horizontal. Dans cet exemple particulier, le trou se traduit par une tache noire dont l’extension augmente au cours du temps. Nous observons ici que la taille du trou évolue linéairement avec le temps: la vitesse est constante.

Que vaut cette vitesse? L’angle α que fait la ligne avec l’horizontale est visible sur la barre d’outils. La tangente de cet angle correspond donc à la vitesse d’ouverture du film. Cependant tout est en pixel (veiller à ne pas faire “set scale” avant un “reslice”, sinon le temps se retrouve en unité de longueur). Reste donc à convertir les pixels en longueur et en temps. Dans cet exemple, le diamètre du cadre vaut 15 cm et représente 190 pixels sur l’image. L’intervalle entre chaque image vaut $1/4500$ s et correspond à 1 pixel sur le diagramme (dans le format européen, les films standards sont produits à 25 images/s). La vitesse d’ouverture vaut ainsi:

$$V = \tan 65^\circ \frac{0.15 \text{ m}}{190 \text{ pixels}} 4500 \text{ im/s} = 7.6 \text{ m/s}$$

2.3 Superposer des images

Il est parfois utile de superposer plusieurs images en une seule. Ceci permet par exemple de visualiser une trajectoire. Il suffit pour cela d’ouvrir une séquence d’image, puis d’effectuer **Image/Stacks/Z Project...** On peut alors sélectionner ce que l’on veut projeter: “Max Intensity” si on veut mettre en évidence les pixels les plus brillants de chaque image, “Standard deviation” si on veut mettre en évidence les fluctuations entre les images.

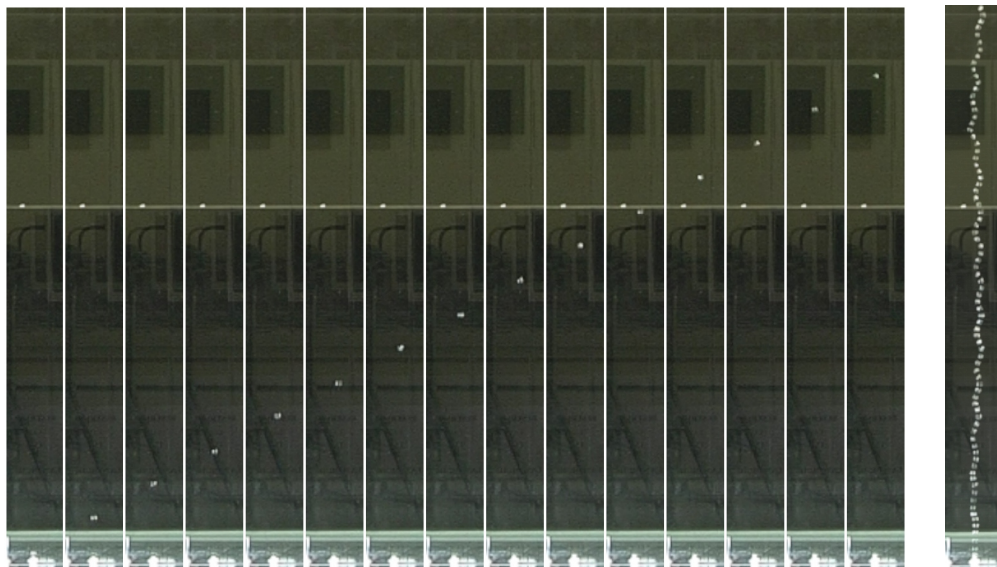


Figure 8: Ascension d’une bulle: la superposition des images permet de visualiser la trajectoire oscillante.