TP 21 : Acquisition et analyse d'images.

Nathieu BEROUS

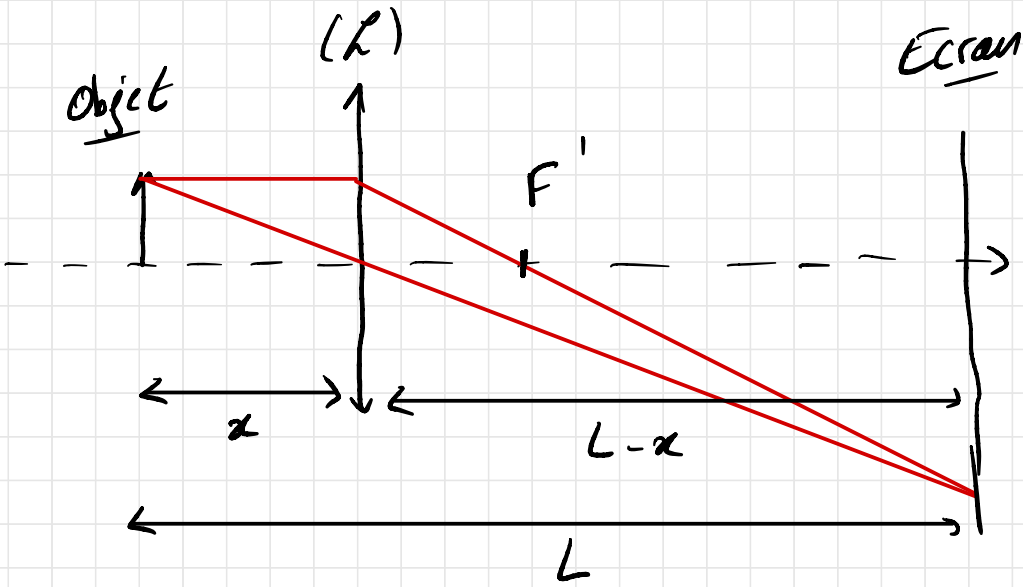
05/05/2022

Objectif du montage : dans un premier temps, présenter différents éléments de la "chaîne d'acquisition" d'une image : les lentilles minces (focométrie par méthode de Bessel) et le capteur CCD (mesure de la taille d'un pixel). Dans un deuxième temps, on s'intéresse à la mesure du coefficient de tension de surface eau/air par stalagmométrie, qui se base sur le traitement et l'analyse de la photo d'une goutte pendante.

* Focométrie - Méthode de Bessel

NP18 : Instruments d'optique NP21 : Acquisition et analyse d'images

* Référence : Duffait : "Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques"



Loi de conjugaison : $\frac{1}{L-x} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'}$

$$\Rightarrow f'L = x(L-x)$$

$$\Rightarrow x^2 - Lx + f'L = 0$$

$$\Delta = L^2 - 4f'L \Rightarrow \boxed{\Delta = L(L-4f')}$$

Pour $L > 4f'$: il existe 2 positions de la lentille qui permettent de conjuguer l'objet et l'écran.

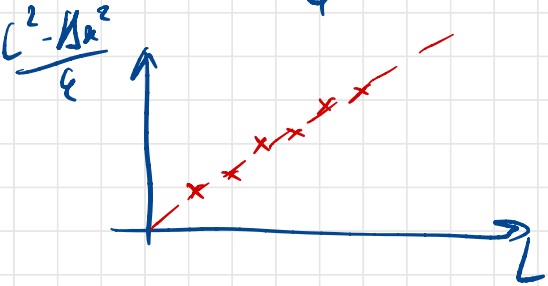
Elles sont repérées par : $x_{1,2} = \frac{L \pm \sqrt{L(L-4f')}}{2}$

$\Rightarrow \Delta x^2 = (x_1 - x_2)^2 = L^2 - 4f'L$

$\Rightarrow \boxed{\frac{1}{4}(L^2 - \Delta x^2) = f'L}$

$\Rightarrow$ Pour plusieurs valeurs de $L > 4f'$, on relève les valeurs de x_1 et x_2.

On trace $\frac{1}{4}(L^2 - \Delta x^2) = f(L)$:



Ajustement affine / linéaire

$\Rightarrow f'$.

Remarque : pour rendre compte de l'incertitude liée au fait que les images de l'objet apparaît net pour une plage de valeurs de x_1 et x_2, on les mesure par valeur croissante puis décroissante et on prend :

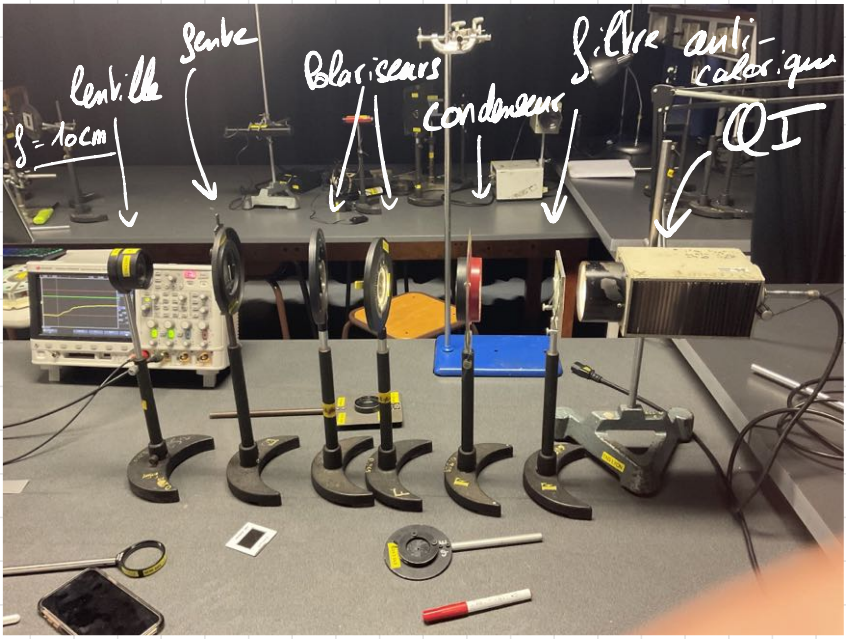
$$x_{1,2} = \frac{x_{1,2}^{crois} + x_{1,2}^{decrois}}{2}$$

$$u(x_{1,2}) = \frac{x_{1,2}^{decr} - x_{1,2}^{crois}}{2} \left(+ u_{lecture}\right).$$

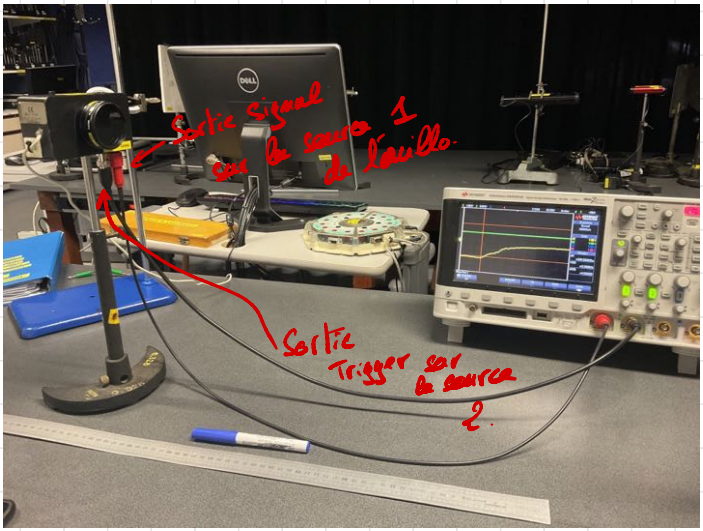
La propagation des incertitudes rend cette méthode relativement peu précise par rapport à l'autocollimation par exemple.

+ Taille d'un pixel :

NP18 : Instruments d'optique — NP21 : Acquisition et analyse d'images.
NP25 : Photorecepteurs — NP32 : Matériaux semiconducteurs.



→ Relier le capteur CCD à un oscillo.



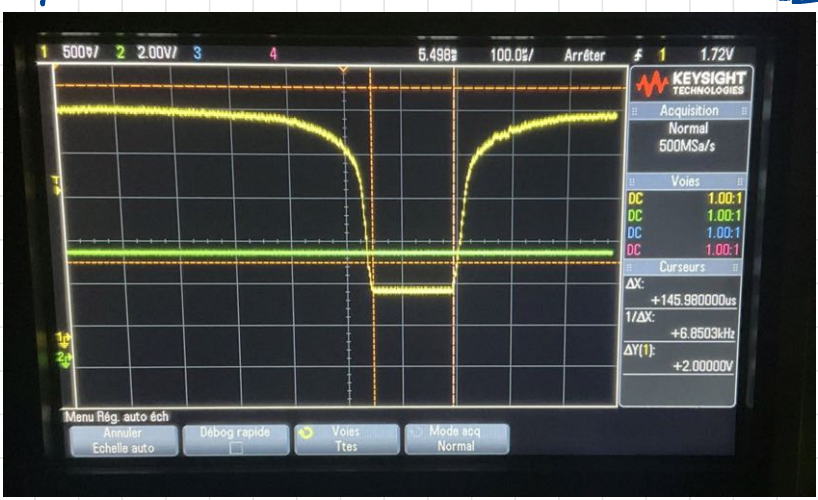
- Mettre le trig sur la source 2.
- Si le trig ne se fait pas bien, toucher au bouton sensibilité situé devant le capteur CCD.

→ Faire l'image d'une fente de largeur connue sur le capteur CCD avec le dispositif ci-dessus.

↳ L'image est bien faite quand on ne peut plus réduire sa largeur sur l'oscillo.

⚠ Ne pas mettre la lentille trop proche de la fente pour avoir une faible profondeur de champ et conjuguer au mieux la fente et le CCD.

Voici ce qu'on obtient à l'oscillo une fois le réglage fait.



L'abaissement du signal correspond à l'image de la fente.

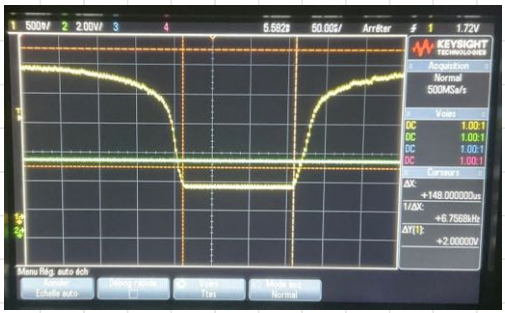
L'idée est d'encadrer et mettre dans la pente correspondant à l'un des bords de la fente car on y distingue bien les pixels.

On peut alors mesurer le temps correspondant à la décharge d'un pixel (τ)

Ici on a $8\tau = 15{,}9\ \mu s$

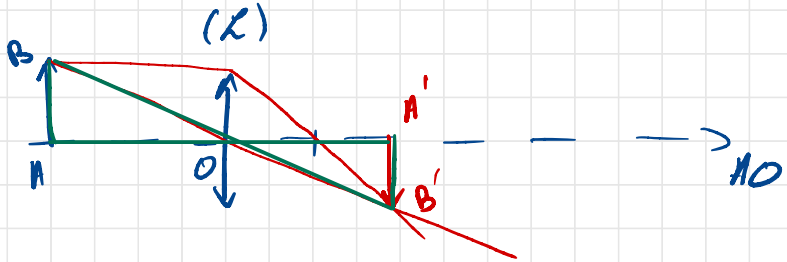
$$\Rightarrow \boxed{\tau = 1{,}99\ \mu s}$$

On mesure ensuite le temps correspondant à la décharge de la zone du capteur éclairée par l'image de la fente (Δt).



Ici on a $\Delta t = 168\ \mu s$

Les incertitudes sont essentiellement liées à la manière dont on estime le début / la fin de la fente à l'aide des curseurs.



Pour ce montage, le grandissement est $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$.

L'image de la fente sur le capteur a donc une largeur égale à $|\gamma| l_{fente}$.

On obtient $|\gamma|$ en mesurant $\overline{OA'}$ et $\overline{OA}$.
Finalement, une règle de trois permet d'obtenir la taille d'un pixel.

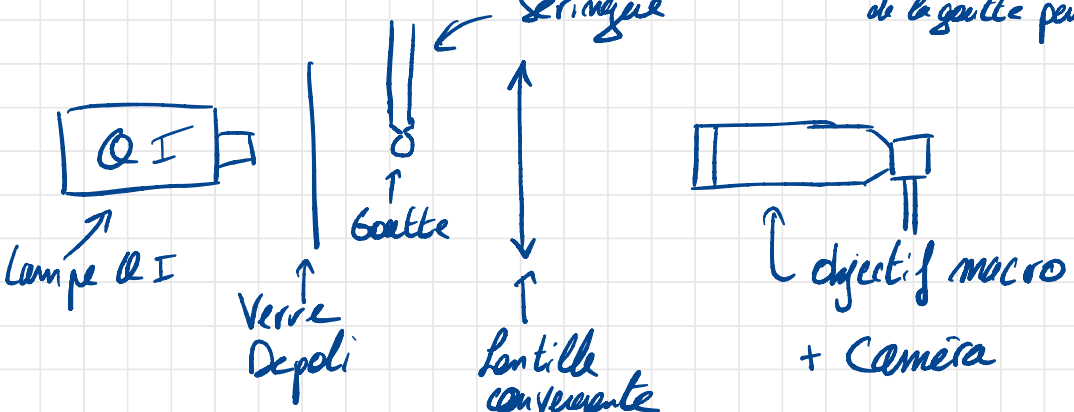
$$\left.\begin{array}{l} p \leftrightarrow x \\ |\gamma| l_{fente} \leftrightarrow \Delta t \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{p = \dfrac{|\gamma| l_{fente}\, x}{\Delta t}}$$

On attend une valeur de 14 µm pour le capteur CCD utilisé.

+ Stalagmométrie

NP08 : Tension superficielle NP21 : Acquisition et analyses d'image.
NP46 : Mesures physiques par analyse d'image.

+ Référence : Poly B. GUISELIN Capillarité
BUP n°363 : "Mesure de la tension superficielle par la méthode de la goutte pendante."



But : Obtenir le coefficient de tension de surface eau/air.

L'idée est d'obtenir à la caméra une image de la goutte qui soit :
- la plus grosse possible,
- la plus nette possible,
- éclairée uniformément.

Important : Comme pour toute les expériences de capillarité, il est important de bien nettoyer le matériel en contact avec le fluide étudié. Si c'est de l'eau, utiliser de l'eau distillée.
Le coefficient de tension de surface est sensiblement modifié par la présence de poussière / d'impuretés.

L'ajout d'une lentille en plus de l'objectif macro de la caméra permet d'augmenter la taille de l'image de la goutte.

Une fois le montage réglé de sorte à obtenir une image de bonne qualité, on le traite via le logiciel ImageJ.

⚠ Penser à avoir dans la photo une partie de la seringue dont la largeur va servir d'échelle.

Traiter / analyser l'image selon le protocole décrit dans le pdf de B. Guiedlin (qui sera envoyé aux oraux) pour obtenir l'enveloppe de la goutte.

Exporter les coordonnées de l'enveloppe dans un fichier texte et le traiter avec le script "analyse_goutte_pendante.py".

Renseigner l'échelle et les incertitudes de mesure dans le script pour l'exécuter.

On attend une valeur de $\gamma_{eau/air} = 72{,}3 \pm 0{,}5$ mN/m à 25°C.

↑ Résultat obtenu dans le BUP n°363.

Questions

- **Quelle incertitude pour la mesure des distances objet/lentille dans la première manip ?** Il y a une incertitude sur la mesure et une incertitude sur la plage de valeur pour laquelle on peut considérer que l'image de l'objet est nette.
- **Revenir sur l'incertitude relative pour la valeur de f'.** On obtient une incertitude relative de 20% ce qui est assez important, la méthode serait peut-être plus précise pour des focales plus grandes puisque l'incertitude sur la focale n'augmente pas aussi vite que la valeur de la focale.
- **Quelles sont les aberrations que l'on peut rencontrer dans un montage d'optique ?** Aberrations géométriques et chromatiques. Les premières se manifestent lorsqu'on sort des conditions de Gauss. Les deuxièmes viennent du fait que l'indice optique du verre dépende de la longueur d'onde, les différentes composantes de la lumière de la QI ne sont donc pas déviées de la même façon. On peut les éviter en utilisant une lentille achromatique et en prenant garde à bien rester dans les conditions de Gauss.
- **Comment estimer d'une manière optimale l'emplacement du capteur CCD sur le banc optique ?** On peut utiliser un fil à plomb.
- **C'est quoi un capteur CCD ?** C'est un enchainement de capacités MOS (Métal-Oxyde-Semiconducteur), chaque pixel correspondant à une capacité. Lorsque le capteur est éclairé, des électrons apparaissent dans le semiconducteur par effet photoélectrique. Ces électrons sont piégés dans un puit de potentiel au niveau de chaque pixel via une DDP imposée à la capacité. Le nombre d'électron piégé dans chaque pixel est proportionnel à l'intensité lumineuse reçue. Puis, dans une phase de décharge, les pixels vont se vider à tour de rôle et un circuit électrique va se charger de transformer le courant issu de la décharge de chaque pixel en information exploitable.
- **Est-ce le même type de capteur dans les appareils photo ?** Oui, mais on superpose des capteurs sensibles à différentes longueurs d'onde pour également rendre compte des couleurs.
- **Pourquoi utiliser de l'eau distiller dans la troisième manip ?** Le coefficient de tension de surface air/eau est très sensible à la présence d'impuretés dans l'eau.

- **Que signifie le mot pixel ?** Picture element.

Manip surprise : déterminer le moment d'inertie d'un pendule pesant.

On mesure la période d'oscillation du pendule, celle-ci permet de remonter directement à son moment d'inertie.