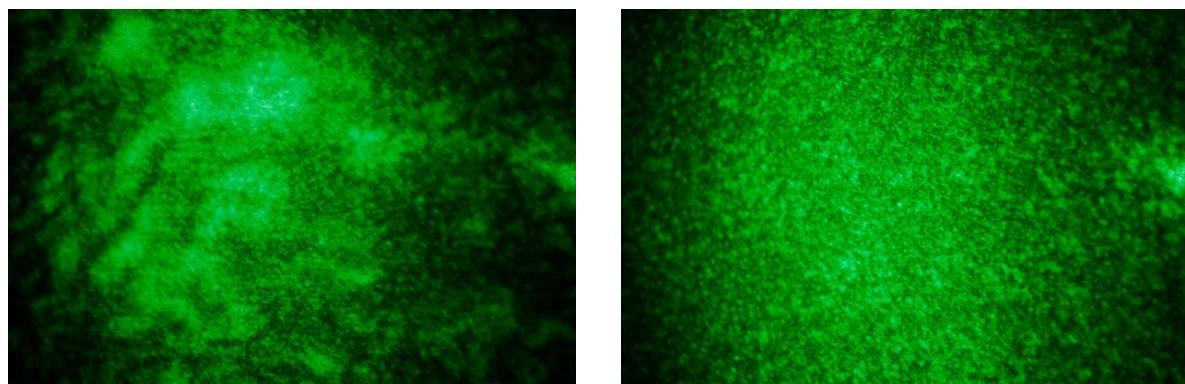


204 718 – Focométrie par speckle

La mesure de distances focales des lentilles divergentes est souvent difficile à réaliser. Ici, nous utilisons une astuce visuelle en formant une figure de speckle sur un écran. Cette image change drastiquement lorsqu'un faisceau laser est focalisé précisément sur un objet fin dépoli : une figure de speckle à gros grains est alors produite.

Notice d'utilisation



Figures de speckle : faisceau laser focalisé sur le dépoli (gauche) et non focalisé (à droite).

Table des matières

I. INTRODUCTION	2
II. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	3
1). Liste du matériel	3
2). Précautions d'emploi	3
3). Garantie	3
III. TRAVAUX PRATIQUES.....	4
1). Distance focale d'une lentille convergente	4
i. Principe	4
ii. Pré-réglage : mesure de D – méthode de Bessel.....	5
iii. Mesure de la distance focale de la lentille convergente	5
2). Distance focale d'une lentille divergente.....	6
i. Principe	6
ii. Pré-réglage de la « lunette à speckle ».....	7
iii. Mesure de la distance focale de la lentille divergente.....	7

I. Introduction

Le speckle ou tavelures, est lié à la diffusion d'une source cohérente sur un objet rugueux à l'échelle de la longueur d'onde de la source ou à un objet spéculaire éclairé. Ce phénomène est expliqué par le principe de Huygens-Fresnel puisqu'il résulte d'interférences aléatoires entre différents points sources générant des ondes de même fréquence mais de phase et d'amplitude différentes.

Lorsqu'il existe un système d'imagerie pour former le speckle sur un détecteur, il s'agit d'un speckle subjectif. Dans ce cas, sa taille dépend des paramètres d'ouverture et du système lentille placé en amont du détecteur.

En contrepartie lorsque la lumière du laser est diffusée par une surface jusqu'à un autre surface d'observation sans système d'imagerie, il s'agit d'un speckle objectif. Dans ce cas, la figure obtenue dépend de la géométrie du système et de la longueur d'onde du laser.

La taille des grains de speckle est fonction de la longueur d'onde du laser, de la taille du faisceau qui éclaire et de la distance entre cette surface et la surface sur laquelle se forme le motif de speckle. Ainsi, la taille des grains de speckle évolue avec la section du faisceau laser dans le plan de l'écran dépoli. Une figure à gros speckle est observée lors du positionnement du dépoli dans le plan focal d'une lentille convergente. En deçà et au-delà du foyer, la taille des speckle est réduite.

II. Caractéristiques Techniques

1). Liste du matériel

<i>Kit « Focométrie par speckle »</i>	
<i>Source</i>	1 torche laser
<i>Ecran</i>	1 écran blanc métallique quadrillé 20x20 cm opaque
<i>Lunette</i>	1 lunette à speckle
<i>Supports</i>	2 montures de lentilles Ø 40 mm 1 porte lame-mince
<i>Composants</i>	1 jeu de lentilles convergentes : +50, +100, +150, +300 mm 1 jeu de lentilles divergentes : -50, -100, -200 mm 1 dépoli fin en monture

2). Précautions d'emploi

Depuis sa mise au point en 1960 par Townes, les lasers se sont largement implantés dans la vie de tous les jours. Etant donné que cet outil est actuellement omniprésent dans des secteurs d'activités aussi variés que l'industrie ou la médecine, les réglementations les concernant sont régulièrement actualisées et normalisées à différentes échelles (nationale, européenne et internationale).



Il existe actuellement 7 classes différentes des sources laser (voir par exemple le site <http://www.cnso.fr/images/docslibres/CNSO%20-%20Les%20classes%20laser.pdf> ou <http://www.laserconseil.fr/guide>). Selon sa puissance, un faisceau laser peut brûler des matériaux (découpage laser en industrie), la peau mais aussi et surtout les yeux.

Le laser que nous proposons ici utilise à l'origine **une lumière visible d'environ 3 mW (ancienne classe 3A)**. Néanmoins, le faisceau présente une section de 23 mm de diamètre, cette puissance lumineuse est alors répartie sur toute cette surface. La torche laser appartient donc à une classe 2M.

La dangerosité du faisceau laser redevient classe 3A en cas de focalisation du faisceau de la torche laser. Dans ce cas, son observation est **proscrite** et peut induire des éblouissements plus ou moins sévères. A manipuler avec grande précaution et ne JAMAIS diriger le faisceau vers d'autres personnes.

3). Garantie

La garantie est de 3 ans pour une utilisation dans des conditions normales. Si un problème est rencontré, le matériel doit être retourné dans nos ateliers après appel préalable (+33 (0)1 71 49 10 70) :

OVIO Instruments
468, rue Jacques Monod
ZI N°1 Nétreville – CS 21900
27019 EVREUX Cedex – France

III. Travaux Pratiques

Matériel spécifique :

Focométrie - lentilles convergentes	Focométrie - lentilles divergentes
-1 dépoli fin en monture -1 lentille convergente Lf de + 50 mm -1 lentille convergente à étudier	-1 lunette à speckle -1 lentille convergente Lc $f_c \approx +300$ mm -1 lentille divergente $-50 \geq f_D \geq -200$ mm

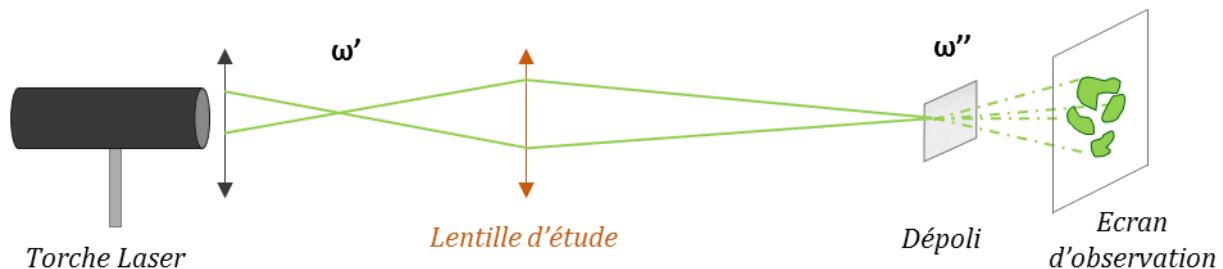
1). Distance focale d'une lentille convergente

i. Principe

Le but de cette mesure est de déterminer la distance focale d'une lentille convergente à l'aide d'une méthode de Bessel. Dans cette méthode, la distance objet-image reste constante et le relevé de deux positions particulières de la lentille d'étude permet de remonter à sa distance focale.

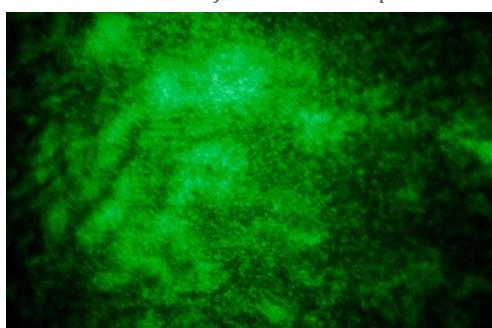
Ici l'objet considéré est le waist ω' du faisceau de la torche laser focalisé par une lentille convergente de distance focale connue (+50 mm).

La lentille d'étude conjugue par la suite ce waist objet sur le dépoli à la position d_2 , et correspond à un waist image dénommé ω'' . L'astuce est ici d'utiliser un dépoli qui diffuse la lumière reçue en produisant des interférences sur l'écran d'observation.

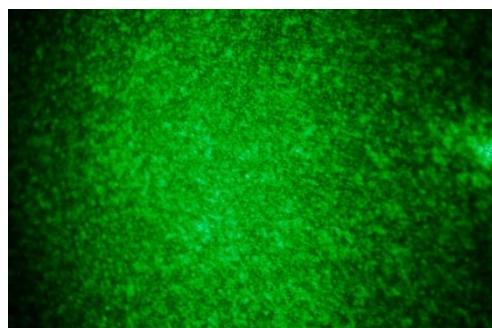


Lorsque le système est correctement réglé, c'est-à-dire lorsque l'image du waist objet est correctement positionnée sur le dépoli, peu de grains sont éclairés. Peu d'ondes secondaires interfèrent et un speckle à gros grains est alors généré, contrairement au cas où la section du faisceau laser est plus importante (cas non focalisé).

Speckle à gros grains: le faisceau laser est correctement focalisé sur le dépoli.



Focalisation du faisceau en dehors du dépoli : le speckle est plus fin.



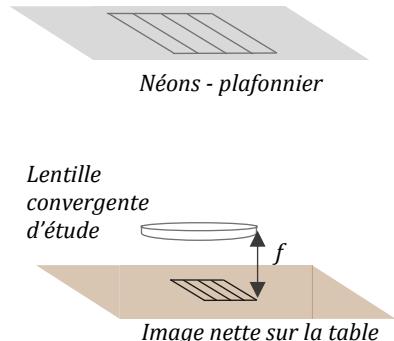
ii. Pré-réglage : mesure de D – méthode de Bessel

Remarques :

- 1) La condition de la méthode de Bessel est que la distance D objet-image doit être au moins supérieure à 4 fois la distance focale de la lentille à étudier.

Il est donc nécessaire d'avoir une estimation préalable de cette distance focale. Pour cela, nous vous conseillons la méthode « simple » d'observation du néon : lorsque l'image du plafonnier est nette sur la table vous pouvez estimer cette distance focale.

- 2) Le dépoli et l'écran doivent être distants d'au moins 25 cm.



Procédure :

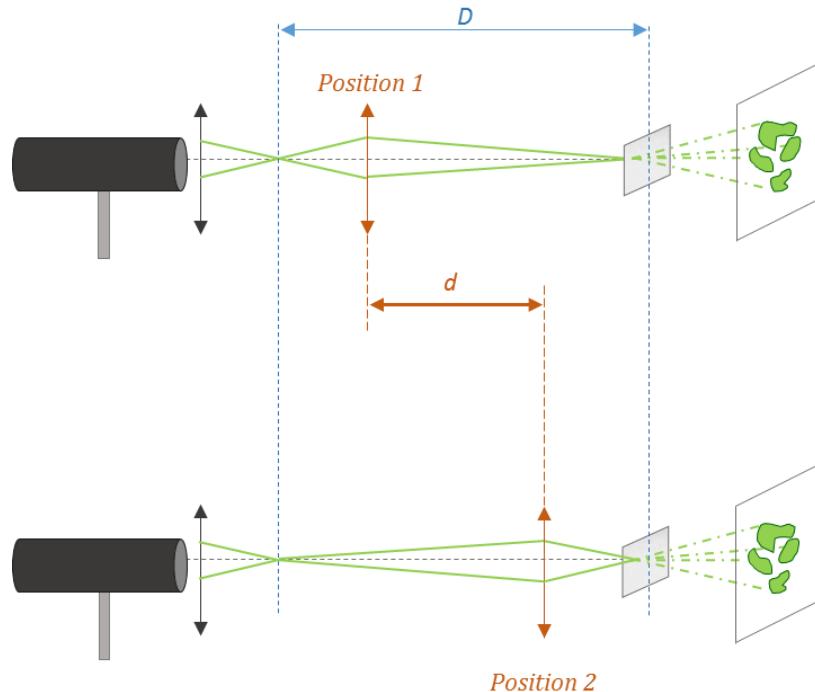
- Placer la torche laser à une extrémité du banc et centrer le faisceau par rapport à l'écran situé à l'autre extrémité.
- Placer ensuite la lentille convergente de courte focale (+50 mm) immédiatement après la torche laser, perpendiculairement à l'axe optique et centrée par rapport au faisceau sur tout le long de l'axe optique.
- Positionner à présent le dépoli entre cette lentille et l'écran puis rechercher et noter la position du dépoli D_1 qui correspond à une observation d'une figure de speckle à gros grains.
- Déplacer le dépoli en monture sur le banc jusqu'à une position D_2 quelconque mais telle que $D = D_2 - D_1 > 4 f'$ en utilisant pour f' la valeur approchée déterminée précédemment (cf remarque 1). Bloquer cette position et déduisez-en la valeur $D = d_2 - d_1$.

iii. Mesure de la distance focale de la lentille convergente

- A présent que les positions D_1 et D_2 de l'objet et de l'image ont été déterminées, placez la lentille d'étude entre ces deux positions et vérifier son centrage (éclairage sur l'écran). Puis translater la lentille d'étude le long du banc.
- Normalement, vous devriez relever deux positions de la lentille qui permettent de générer une figure de speckle à gros grains sur l'écran. A partir de ces deux positions $d_{f,1}$ et $d_{f,2}$, déduisez-en la distance focale de la lentille à partir de la relation de Bessel :

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4 D} \quad \text{où } d = d_{f,2} - d_{f,1}$$

Remarque : pour obtenir une estimation de l'incertitude de mesure sur la distance focale, nous vous conseillons d'effectuer plusieurs fois cette manipulation (4 à 5 fois).



En translatant la lentille d'étude entre les positions objet ω' et image ω'' focalisée sur le dépoli, deux positions permettent de visualiser un speckle à gros grains sur l'écran d'observation.

2). Distance focale d'une lentille divergente

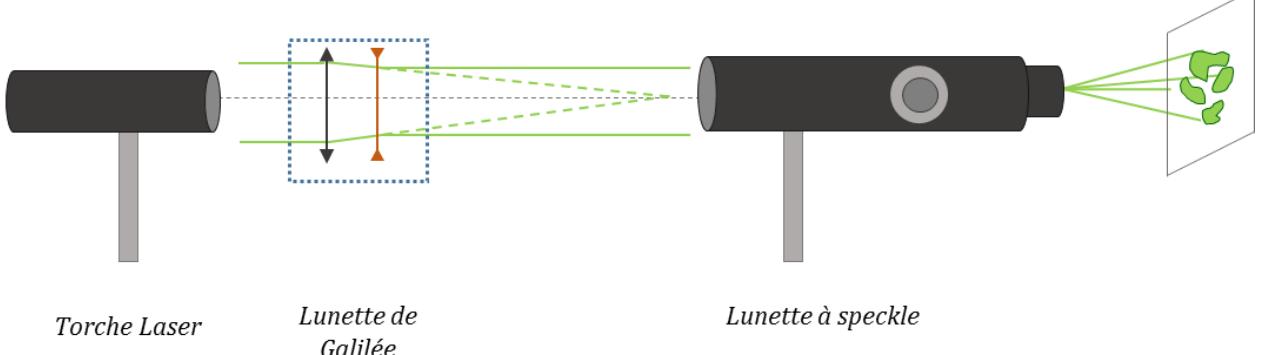
i. Principe

Ici, nous utilisons une lunette à speckle qui focalise un faisceau collimaté en entrée de lunette sur un dépoli. Dans ces conditions, une image de speckle à gros grains est alors visible sur l'écran d'observation.

Le but est donc de générer un faisceau collimaté à l'aide d'une lunette de Galilée que nous formons avec une lentille convergente, dont la distance focale est connue, et la lentille divergente d'étude.

Une fois que le foyer objet de la lentille d'étude est correctement confondu avec le foyer image de la lentille convergente connue, le faisceau en sortie de la lunette de Galilée est collimaté et permet l'observation d'un speckle à gros grains.

Schéma de principe du montage à réaliser.

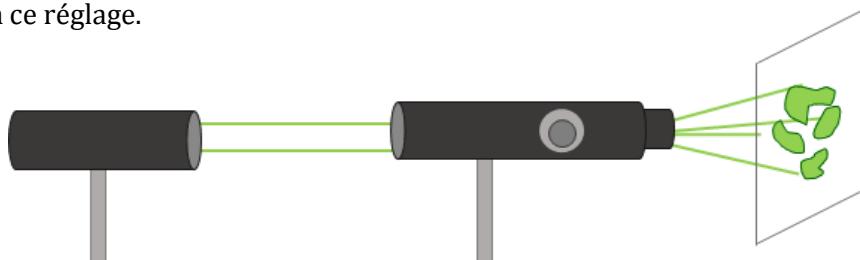


ii. Pré-réglage de la « lunette à speckle »

Dans un premier temps, il faut régler la lunette à speckle de manière à ce que le dépoli soit positionné au foyer objet de l'objectif.

Procédure :

- Placez la lunette à speckle à la sortie de la torche laser de manière à ce que l'objectif soit du côté du faisceau.
- Ajustez le placement de l'objectif sur le dépoli à l'aide du déplacement à crémaillère. La position est correcte lorsque l'image du speckle à gros grains est nette sur l'écran. Par la suite, ne touchez plus à ce réglage.

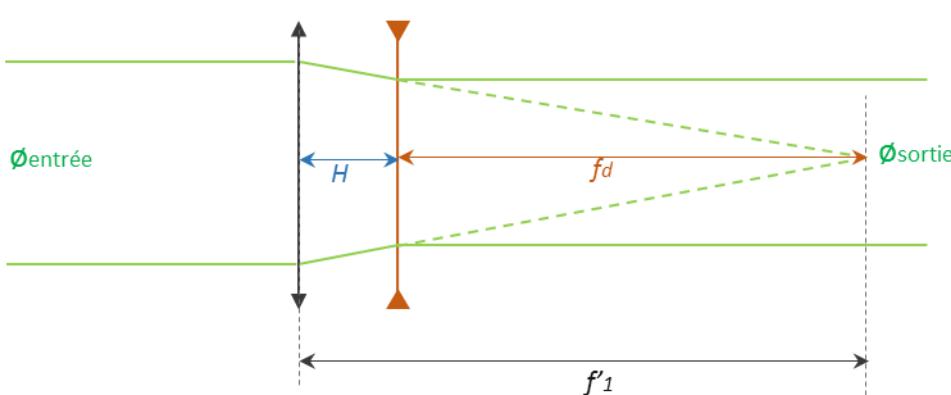


La lunette à speckle est réglée lorsque l'image de speckle à gros grains est visible sur l'écran.

iii. Mesure de la distance focale de la lentille divergente

En utilisant les relations de grossissement d'une lunette de Galilée, nous pouvons déterminer la distance focale de la lentille divergente à partir du relevé des positions des différents éléments dans la situation telle qu'une figure à speckle à gros grains soit observée sur l'écran.

$$G = \frac{\Phi_{\text{entrée}}}{\Phi_{\text{sortie}}} = \frac{f'_1}{f_D} \quad \Rightarrow \quad f_D = f'_1 \frac{\Phi_{\text{sortie}}}{\Phi_{\text{entrée}}} \quad (2)$$



Procédure :

- Positionner la torche laser sur le banc et centrer le faisceau au centre de l'écran situé à l'autre extrémité du banc.

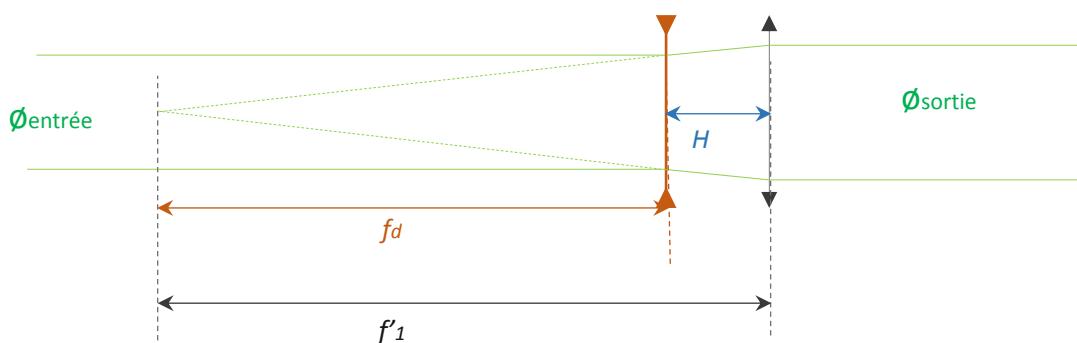
- Placer ensuite la lentille convergente de distance focale connue (+300 mm) juste après la sortie de la torche laser et enfin, la lentille divergente à étudier.
- Environ 350 mm après la lentille convergente, positionner la lunette à speckle pré-réglée.
- Déplacer longitudinalement la lentille divergente par rapport à la lentille convergente jusqu'à observer un speckle à gros grains sur l'écran (faisceau cylindrique en sortie de la lunette de Galilée).

Méthode 1 : en relevant la distance H entre les deux lentilles nous pouvons mesurer la distance focale de la lentille divergente puisque $|f_d| = f_1 - H$.

Méthode 2 : à l'aide d'un écran, déterminer les diamètres des faisceaux incident et émergent de la lunette de Galilée. Vous connaîtrez ainsi le grossissement de la lunette de Galilée ainsi constituée mais vous permet aussi de remonter à la distance focale de la lentille divergente à l'aide de la relation (2).

Remarques :

- 1) de nouveau, une série de mesures est conseillée pour estimer l'incertitude de mesure sur la distance focale ainsi déterminée.
- 2) bien que peut-être moins pédagogique, nous avons déterminé que l'incertitude de positionnement sur le dépoli était moindre lorsque le faisceau entre tout d'abord par la lentille divergente de la lunette de Galilée



Des services au quotidien

Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Service technico-commercial

Pour la Métropole

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : export@ovio-instruments.com

Commander, suivre une commande

> Administration des ventes

Passer une commande

Fax : +33 (0)1 30 44 25 40

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Courrier : OVIO Instruments - Service Clients

468, rue Jacques-Monod

CS 21900, 27019 Evreux CEDEX France

Suivre une commande

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com



Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Support technique, SAV

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : SAV@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

Attention : pour tout retour de matériel en SAV, merci de nous appeler au préalable.