Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

EXERCICE B – Micro-usinage par interférences laser (10 points)

L'apparition de glace est problématique en aéronautique notamment car celle-ci augmente les frottements de l'air sur l'avion. Cet exercice propose d'étudier un nouveau procédé testé par la société Airbus qui permet d'obtenir des surfaces offrant une faible adhérence à la glace, laissant ainsi naturellement tomber la glace accumulée sur les surfaces de vol.

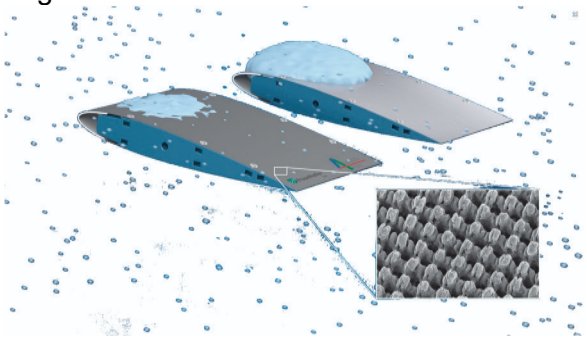


Figure 1. Comparaison de l'accumulation de glace entre une surface de référence et une surface micro-usinée par interférences laser (d'après https://optics.org/news/11/1/97)

Analyse du principe de la création directe de motifs par interférences de deux faisceaux

Pour étudier le principe de la création de motifs par interférences, on commence par se ramener au cas simplifié d'un faisceau laser divisé en deux à l'aide d'un système optique séparatif (non représenté ci-après). Un dispositif à base de miroirs (églement non représenté) permet de diriger ces faisceaux sur l'échantillon métallique à usiner, en formant un angle θ avec la normale à la surface (figure 2). Lorsqu'une impulsion du faisceau laser atteint un point de la surface, elle sublime par effet thermique une partie de l'échantillon laissant ainsi un creux.

Le faisceau émis par la source laser est de longueur d'onde $\lambda = 527$ nm.

Lors de cet usinage, on souhaite obtenir des motifs régulièrement espacés d'une distance (interfrange) de valeur $i = 6{,}9$ µm, valeur pour laquelle la glace adhère le moins. Pour cela on ajuste la position des miroirs qui contrôlent la valeur de l'angle θ des deux faisceaux par rapport à la normale à la surface.

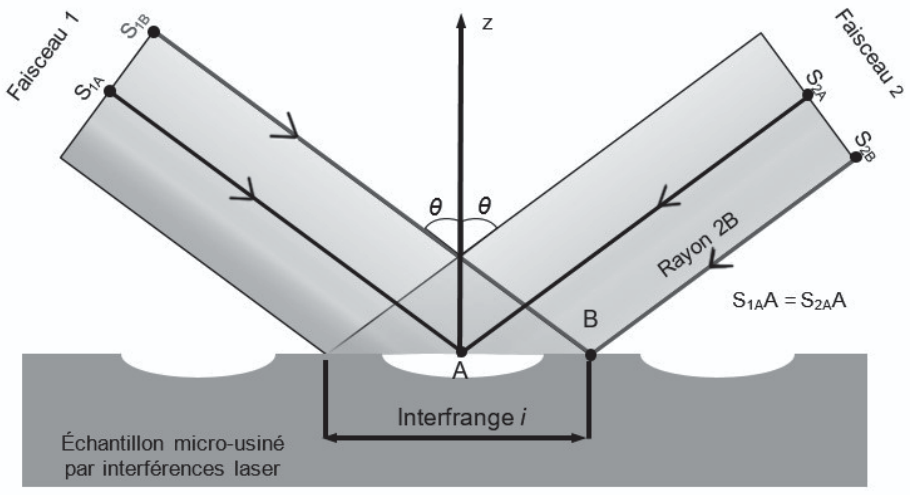


Figure 2. Schéma de principe de la création d'un motif par interférences de deux faisceaux

Q1. Rappeler les conditions d'interférences constructives et destructives entre deux ondes de longueur d'onde λ.

Les ondes issues des points S_{1A} et S_{2A}, supposées en phase en ces deux points, interfèrent au point A.

Q2. À l'aide de la figure 2, justifier que ces deux ondes interfèrent constructivement au point A.

On s'intéresse désormais au point B de l'échantillon.

Q3. En analysant la surface de l'échantillon micro-usiné au point B (figure 2), justifier que les ondes issues des points S_{1B} et S_{2B}, supposées en phase en ces deux points, interfèrent de manière destructive au point B.

Après le micro-usinage, on observe au microscope électronique la surface de l'échantillon.

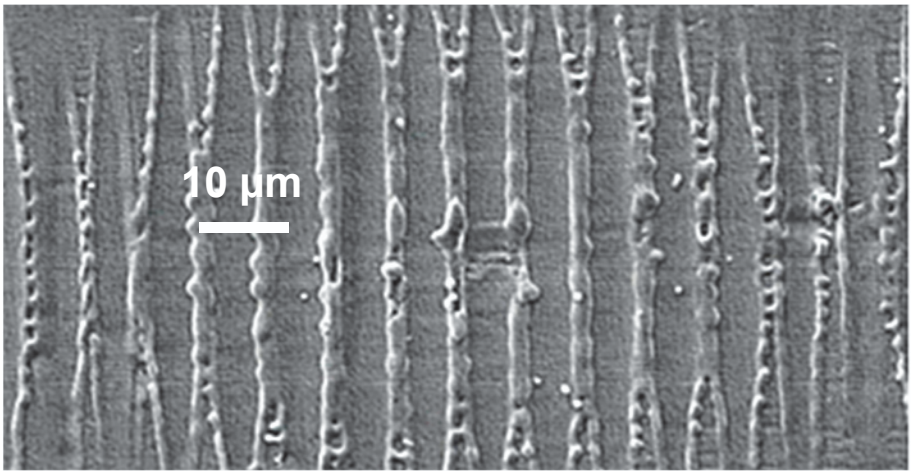


Figure 3. Observation au microscope électronique de la surface micro-usinée par interférences utilisant deux faisceaux (d'après https://doi.org/10.1002/adem.202001414)

Q4. Proposer une définition de l'interfrange *i* puis expliquer comment il est possible d'exploiter la figure 3 pour le mesurer. Déterminer sa valeur numérique et la comparer à la valeur attendue.

Q5. Sachant que pour ce dispositif l'interfrange vérifie la relation $i = \frac{\lambda}{2 \times \sin \theta}$, déduire la valeur de l'angle θ entre les faisceaux incidents et la normale à l'échantillon.

Dans la réalité, la lumière provenant du laser est divisée en trois faisceaux comme indiqué sur la figure 4. La surface micro-usinée ainsi obtenue est donnée figure 5.

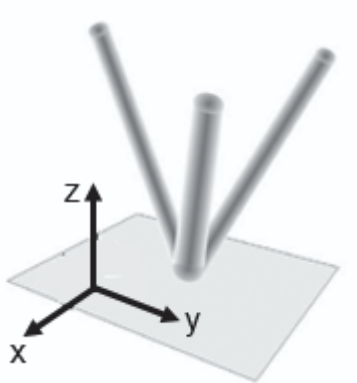


Figure 4. Principe de la création de motifs par usinage par interférences laser

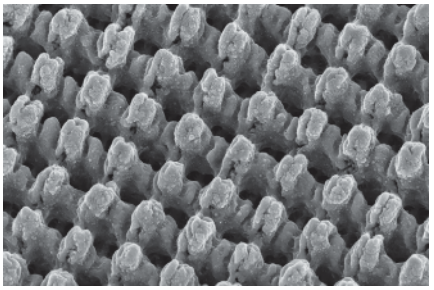


Figure 5. Observation au microscope électronique de la surface micro-usinée (d'après https://optics.org/news/11/1/97)

Q6. Identifier la principale différence observée entre la surface micro-usinée avec deux lasers (figure 3) et la surface micro-usinée avec trois lasers (figure 5).

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.