

EXERCICE I – Dimension d'une micro-algue

Mots clés : *diffraction*.

Pour dépolluer l'air de Toulouse, un dispositif d'un nouveau genre vient d'être installé dans le centre-ville. Grâce à un principe basé sur le développement de micro-algues, il serait aussi efficace qu'une centaine d'arbres et pourrait devenir une solution d'avenir.

Cette innovation technique mesure plus de 5 m de haut, et est équipé d'une cuve dans laquelle se trouvent les algues.

L'air ambiant, capturé et aspiré par le bas du dispositif, remonte en fines bulles à l'aide d'une pompe jusqu'à la cuve où se trouvent les micro-algues. Celles-ci transforment ensuite les polluants et le dioxyde de carbone (CO_2) présents dans l'air ambiant.



Figure 1 : Dispositif à micro-algues

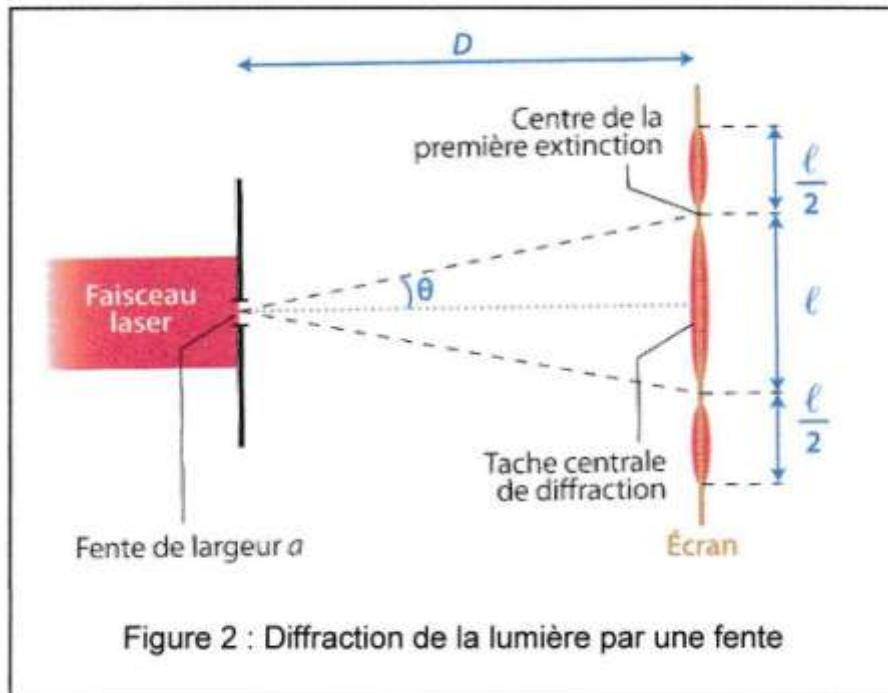
Après absorption du dioxyde de carbone par ces micro-algues, la photosynthèse rejette du dioxygène.

Lorsque les micro-organismes seront devenus trop gros, ils sont retirés de la cuve pour servir d'engrais.

Ces micro-algues ont une forme sphérique (figure 1). L'objectif de cet exercice est de déterminer leurs diamètres en utilisant la diffraction d'une lumière laser, considérée monochromatique.

Choix du laser

Pour déterminer la longueur d'onde du laser, une expérience de diffraction est réalisée. Une fente est placée devant le faisceau laser et l'on peut alors mesurer la largeur ℓ de la tache centrale de diffraction obtenue sur un écran (figure 2)



Pour un angle θ faible, $\theta = \sin \theta$ et $\theta = \tan \theta$ si θ est exprimé en radians.

1. Déterminer la relation entre l'angle θ , la distance D entre la fente et l'écran et la largeur ℓ de la tache centrale.

La théorie de la diffraction d'une lumière monochromatique nous indique que l'angle θ , en radians, est aussi lié à la longueur d'onde λ de la radiation et à la largeur a de la fente : $\theta = \frac{\lambda}{a}$
 Nous disposons de plusieurs fentes de largeurs connues et d'instruments de mesure de distance. La valeur de D est connue et égale à 1,50 m.

2. Proposer une méthode pour déterminer la longueur d'onde λ du laser, à l'aide du matériel à disposition.

À l'aide des fentes de largeurs a connues, on peut mesurer pour chacune d'elles la largeur ℓ de la tache centrale, et tracer le graphe θ (rad) = $f\left(\frac{1}{a}\right)$ (figure 3).

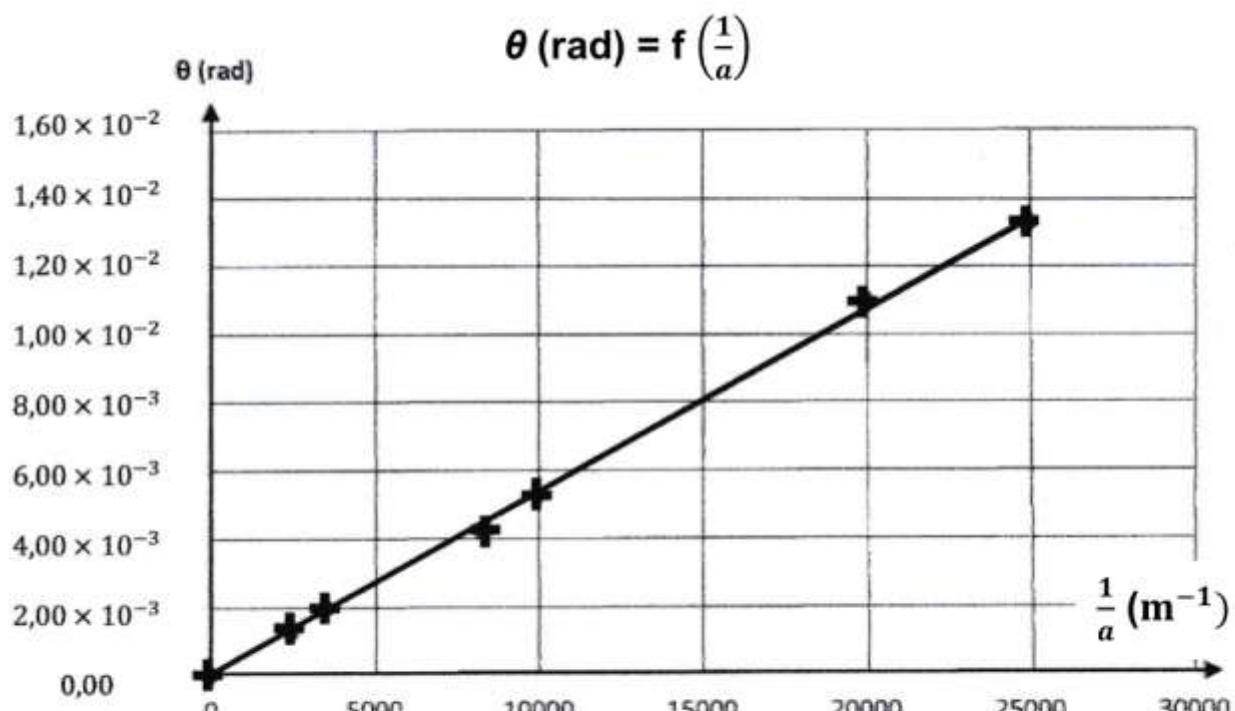


Figure 3 : graphe $\theta \text{ (rad)} = f \left(\frac{1}{a} \right)$

**3. Exploiter le graphique pour calculer la valeur de la longueur d'onde λ du laser en nm.
Détermination du diamètre d'une micro-algue**

En isolant une micro-algue placée sur une lamelle de microscope, on peut pointer un faisceau laser vert de longueur d'onde $\lambda_v = 532 \text{ nm}$ pour qu'il éclaire cette micro-algue. On obtient alors une figure de diffraction formée d'anneaux concentriques (figure 4).

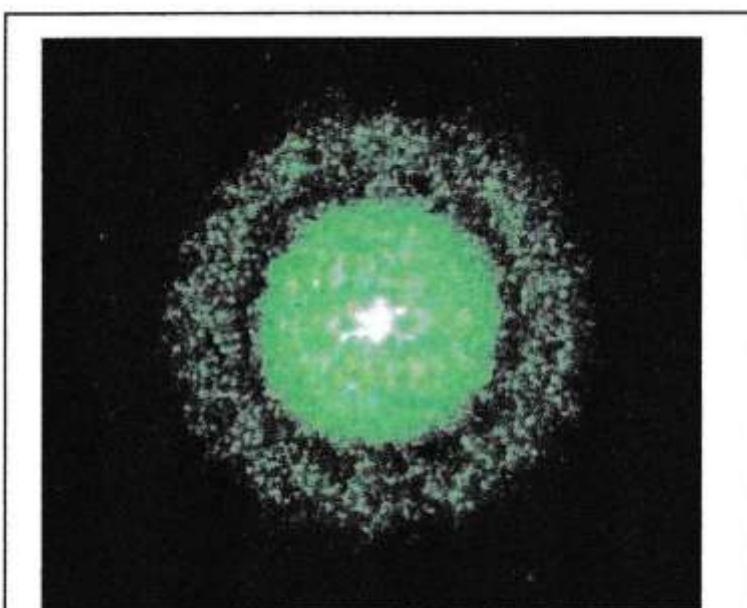
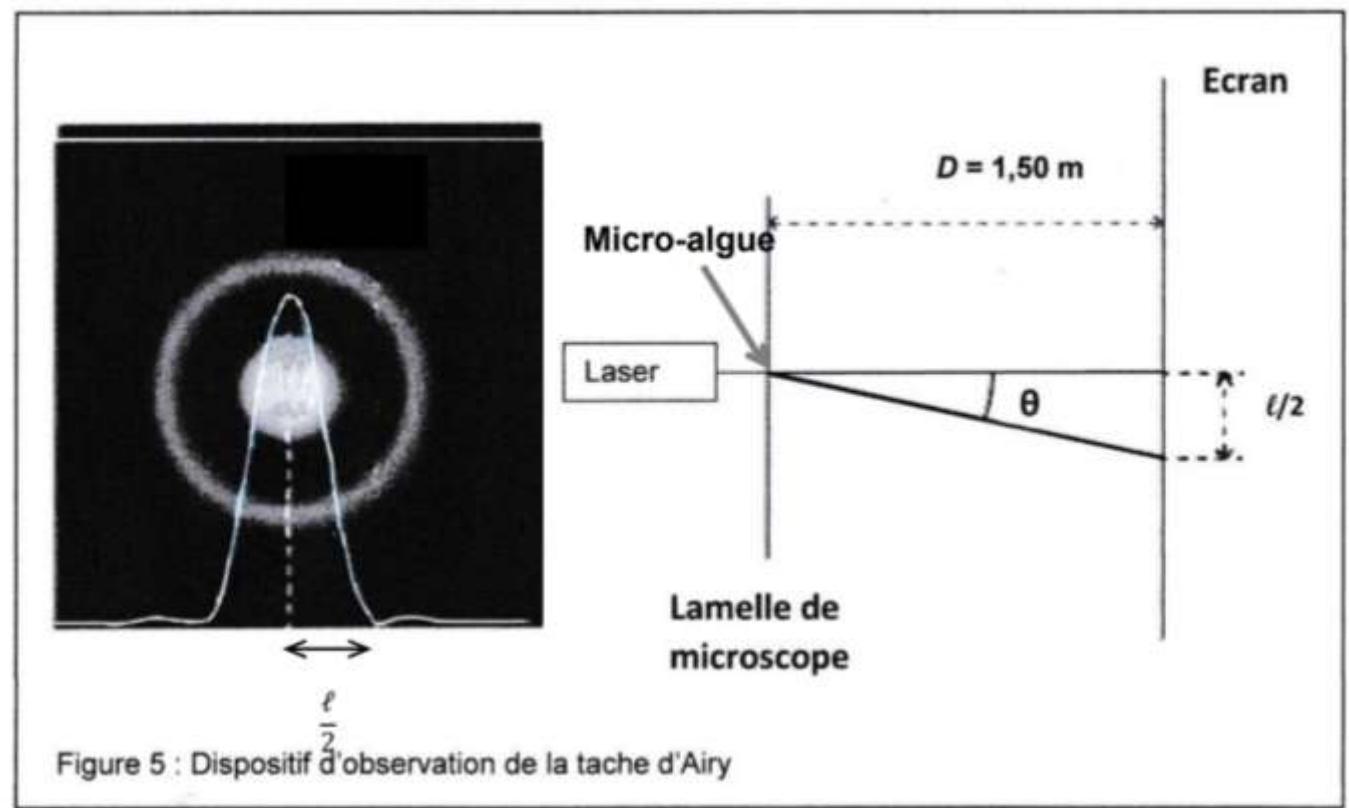


Figure 4 : Image de diffraction obtenue avec la micro-algue

Données

- Théorème de Babinet :
Deux objets sont complémentaires si les parties opaques de l'une correspondent à des parties transparentes de l'autre et inversement. Les figures de diffraction de deux objets complémentaires sont identiques.
- Par exemple, la figure de diffraction d'un disque opaque de diamètre d est identique à celle d'une ouverture circulaire de même diamètre d . L'angle θ (très faible) du premier anneau sombre de la tache d'Airy (voir figure 5) est donné par la relation: $\theta \text{ (rad)} = 1,22 \times \frac{\lambda_v}{d}$



4. Établir la relation qui donne le diamètre d de la micro-algue en fonction de la longueur d'onde λ_v du laser, la largeur ℓ de la tache centrale et de la distance D entre la lamelle de microscope et l'écran, sachant que ℓ est très inférieur à D .

La mesure sur l'écran de la largeur ℓ donne une valeur égale à $\ell = 1,50 \text{ cm}$.

5. Calculer le diamètre d de la micro-algue. Donner cette valeur en m, puis en μm .
Pour une meilleure efficacité du dispositif, les micro-algues doivent être remplacées lorsque leur diamètre dépasse $250 \mu\text{m}$.
Indiquer alors si la micro-algue étudiée doit être remplacée.