Partie D – Mesure granulométrique d'une poudre d'acide benzoïque utilisée dans l'industrie agroalimentaire

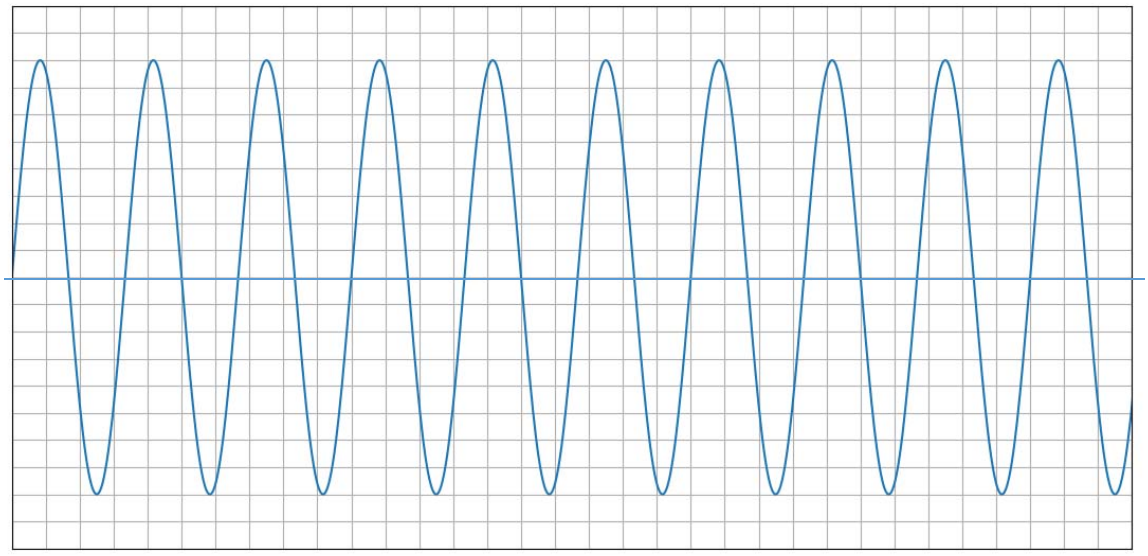
Dans l'industrie agroalimentaire, l'acide benzoïque peut être utilisé sous la forme d'une poudre. La granulométrie par diffraction laser est un des moyens de contrôler la dimension des grains de la poudre.

Homogénéisation de l'échantillon analysé

Avant de réaliser la mesure granulométrique, on soumet l'échantillon à l'action d'un homogénéisateur ultrasonique constitué d'un générateur relié à un émetteur ultrasonique et d'une sonotrode. Ceci permet d'avoir une figure de diffraction plus représentative.

L'émetteur à ultrason est de fréquence inconnue. On mesure la fréquence émise par l'émetteur (US), à l'aide d'un récepteur ultrasonore. Le signal de sortie u_1 du récepteur est donné sur l'oscillogramme du document 6.

Document 6 : oscillogramme du signal u_1 en sortie du récepteur

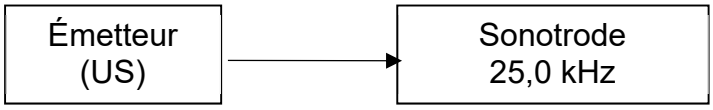


Sensibilité verticale : 1 V / div Sensibilité horizontale : 5 µs / div

Q24. Donner le nom de la grandeur mesurée par le récepteur et le nom de la grandeur en sortie, observée sur l'oscillogramme, puis déterminer la valeur de la fréquence des ondes ultrasonores.

« *La sonotrode est une pièce métallique ou outil qui est soumis à de l'ultrason, et restitue cette énergie vibratoire dans un élément à appliquer (gaz, liquide, tissus ou solide). Suivant une plage de fréquence standard d'utilisation de l'ultrason (de 20 kHz à 70 kHz), la sonotrode résonne en fréquence en se "contractant" et en se "dilatant" x fois par seconde (x étant la fréquence) avec une amplitude de quelques micromètres (environ de 13 à 130 µm).* » D'après : https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonotrode

On schématise le montage constitué par l'émetteur à ultrason (US) précédent et la sonotrode, permettant de réaliser l'homogénéisation de l'échantillon d'acide benzoïque étudié. Sur la sonotrode, le constructeur a précisé une valeur caractéristique homogène à une fréquence.



Q25. Expliquer pourquoi la valeur de la fréquence pour la sonotrode est précisée sur le schéma précédent puis montrer que l'émetteur (US) utilisé n'est pas adapté à la sonotrode choisie dans le schéma ci-dessus.

Exploitation d'une figure de diffraction obtenue à l'aide d'un granulomètre en considérant le grain d'acide benzoïque

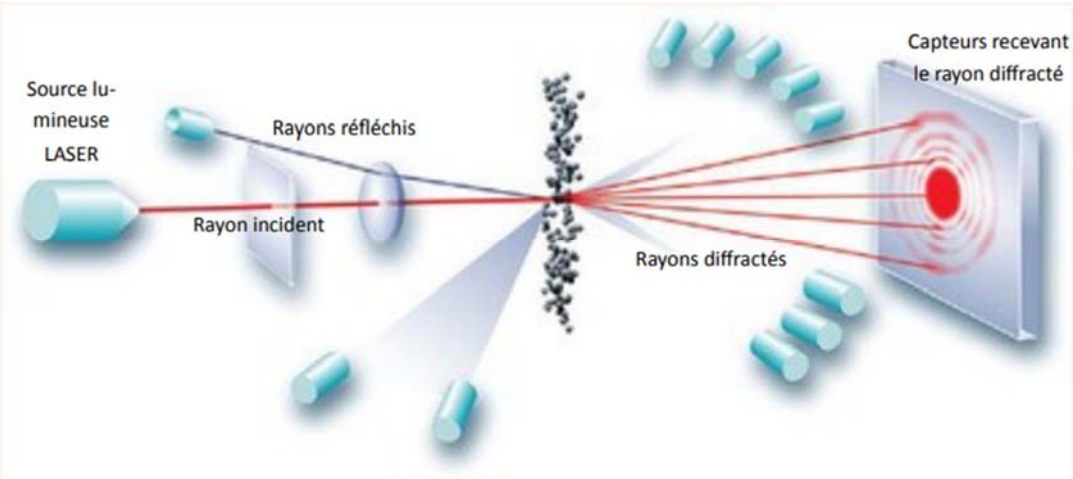
Le principe du granulomètre laser repose sur la diffraction de la lumière par les grains constituant la poudre d'acide benzoïque.

Document 7 : granulomètre laser

D'après www.wikipedia.org

L'appareil ci-contre permet de mesurer la taille de particules allant de 40 nm à 2500 µm tout en occupant un encombrement extrêmement réduit. Deux diodes laser de longueurs d'onde 635 nm et 830 nm sont utilisées dans cet instrument de mesure.

Le schéma de principe est représenté ci-dessous :



D'après https://presen-pp.normandie-univ.fr/

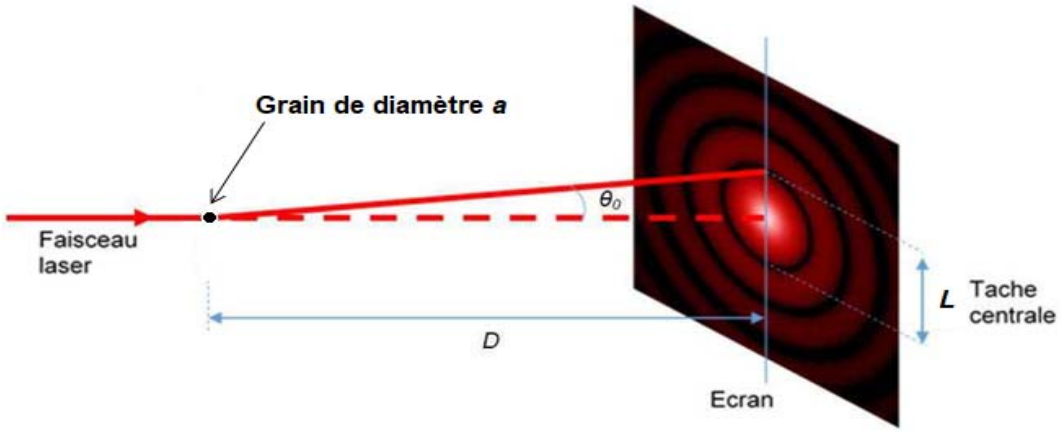
La source lumineuse du granulomètre est une diode laser de longueur d'onde λ = 635 nm.
La figure de diffraction obtenue à partir de l'échantillon en suspension est complexe. Pour simplifier, on ne considère par la suite que la diffraction due à un seul grain de poudre sphérique de diamètre *a*.

Document 8 : modélisation de la diffraction par un grain sphérique

La figure de diffraction obtenue à partir d'un grain sphérique de diamètre *a* est constituée de cercles concentriques alternativement brillants et sombres. La tache centrale possède un rayon angulaire θ_0 tel que :

$$\sin\theta_0 = \frac{1{,}22\times\lambda}{a}$$

λ : longueur d'onde du faisceau laser, exprimée en mètre ;
a : diamètre du grain, exprimé en mètre ;
θ_0 : demi-angle au sommet, exprimé en radian.



Données :
L'écran est placé à une distance *D* = 2,00 m du grain.
La largeur de la tache centrale *L* est faible devant la distance *D*.
L'angle θ_0 étant faible, on peut effectuer les approximations suivantes :
sin $\theta_0 \approx \theta_0$ et tan $\theta_0 \approx \theta_0$.

Q26. Exprimer θ_0 en fonction de *L* et *D.*

Q27. En déduire que $L = \frac{2{,}44\times\lambda\times D}{a}$

L'écran est constitué d'un capteur CCD. On peut mesurer la largeur de la tache centrale, grâce à l'outil numérique de traitement des données du capteur CCD : *L* = 2,4990 cm.

Q28. Déterminer la valeur *a* du diamètre du grain.

Dans l'industrie agroalimentaire, l'acide benzoïque est réduit en une poudre dont les grains doivent avoir un diamètre inférieur à d_0 = 138 µm. Ceci permet une meilleure circulation dans les conduits et son incorporation dans les aliments.

Q29. En déduire si le grain peut être utilisé dans l'industrie alimentaire.