TP19 : évaluation de la célérité des ondes US dans l'air à l'aide du phénomène d'interférences à deux ondes

Compétences exigibles du BO	
Contenu disciplinaire	mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser le phénomène d'interférences à deux ondes mécaniques.
Formation expérimentale	Procéder à une évaluation de type B de l'incertitude type dans le cas d'instruments gradués Evaluer l'incertitude type d'une mesure obtenue à l'issue de la mise en œuvre d'un protocole présentant plusieurs sources d'erreurs indépendantes.
Matériel à disposition et documents à consulter	
Matériel	1 émetteur d'ultrasons, un récepteurs d'ultrasons, une plaque percée de deux fentes parallèles, un réglet, des fils de connexion, un oscilloscope numérique bicourbe, un rail semi-circulaire.

Problématique : On cherche à déterminer la célérité des ondes ultrasonores émises par l'émetteur d'ultrasons à votre disposition en utilisant le phénomène d'interférences à deux ondes acoustiques.

A. <u>Protocole</u>

- Alimenter l'émetteur d'ondes US avec une tension continue de 15V (bornes 0V et +15V), régler l'émetteur sur le mode continu et le placer derrière les deux fentes parallèles et verticales (d'environ 2mm de large), de manière à ce que l'émetteur soit à égale distance des deux fentes.

Remarque : rappelons que ce n'est pas la largeur des fentes qui influe sur la figure d'interférences mais leur écartement.

- Mesurer à la règle la distance a séparant les centres des 2 fentes.

La mesure d'une longueur consiste en fait à réaliser une différence : $a_{mes}=x_1-x_0$, x_0 étant l'abscisse de la graduation 0 positionné au milieu de la fente de gauche et x_1 étant l'abscisse de la graduation positionnée au milieu de la fente de droite.

On cherche à évaluer l'intervalle 2Δ dans lequel on est certain que la valeur « vraie » de xo se situe : la valeur de xo se situe alors dans l'intervalle [$xo_{mes}-\Delta, xo_{mes}+\Delta$]. Lorsque les conditions expérimentales de mesurage ne nuisent pas à la qualité de la mesure, on suppose en général que le demi-intervalle Δ correspond à la moitié de la plus petite graduation de l'appareil de mesure gradué.

  - En déduire l'incertitude-type sur la mesure de
  - Par analogie avec les incertitudes-types composées, calculer le demi-intervalle $\Delta a = \sqrt{\Delta x_1{}^2 + \Delta x_0{}^2}$ (conserver 2CS).
  - En déduire l'incertitude-type u(a).

Q1. Présenter le résultat de votre mesure de a (soyez attentif aux règles de présentation).

- Placer un récepteur d'ondes US sur le rail semi-circulaire de plus petit rayon, au niveau de la graduation 0. Le relier à l'oscilloscope afin d'observer le signal associé à l'onde US résultante au niveau du récepteur.

Conseil : choisir une grande base de temps afin de voir un très nombre d'oscillations sur l'écran (qui apparaitront alors comme une « bande » horizontale lumineuse).

- Ajuster la position de l'émetteur afin que l'amplitude de l'onde résultante pour la graduation 0° soit maximale (veillez à légèrement déplacer l'émetteur de part et d'autre de 0° pour le vérifier).
- Faire une mesure automatique sur l'oscilloscope de la fréquence des ultrasons → f = …………………………

Remarque : on supposera que l'émetteur délivre une onde de fréquence stable dans le temps et que la technique de détermination automatique de la fréquence conduit à une incertitude-type u(f) négligeable devant celles associées aux autres grandeurs mesurées.

- Déplacer le récepteur sur le rail afin d'observer alternativement des interférences constructives ou destructives. On appellera interfrange angulaire l'écart angulaire entre 2 maxima ou entre 2 minima consécutifs d'amplitude.
- Vérifier que l'abscisse angulaire centrale pour laquelle il y a un maximum d'amplitude correspond toujours à θ=0. Déterminer de même l'abscisse angulaire la plus proche de θ=0 pour laquelle on observe des interférences destructives, on la notera θ_1. Vérifier que l'on retrouve, en valeur absolue, la même valeur d'angle si on recherche ce minimum en déplaçant le récepteur de l'autre côté de θ=0. Si ce n'est pas le cas, modifier la position de l'émetteur pour améliorer la symétrie du dispositif.
- Déterminer le demi-intervalle associé à l'abscisse angulaire θ_1, en degrés. (attention la précision sera faible, de l'ordre de plusieurs degrés).

→ θ_1 = ………………………………………….. et $\Delta(\theta_1)$ = ………………………………………….

- L'annexe n°1 au TP19 montre que l'expression simplifiée de la différence de marche δ entre les deux ondes en un point M d'abscisse angulaire θ vaut δ=a.sin(θ). Rappeler le lien existant entre δ et λ si on observe des interférences destructives au point M. En déduire une relation entre a, θ_1 et λ. En déduire une relation entre a, θ_1, c et f. Observez la valeur numérique de θ_1 : quelle simplification supplémentaire pouvez-vous apporter dans la relation précédente ?

B. Utilisation d'une simulation Monte-Carlo

- Mettre en œuvre un programme Python basé sur une évaluation de type Monte-Carlo (voir fiche CN3 et annexe 2 à compléter) pour déterminer une valeur de la célérité c des ondes US dans l'air de la classe et la valeur de l'incertitude-type u(c) associée.

Remarque : comme vous avez pu le constater, l'intervalle angulaire des positions du récepteur permettant d'observer des interférences constructives ou destructives est large : votre mesure sera très imprécise, ne vous inquiétez pas si vous trouvez un u(c) élevé.

- Faire une capture d'écran ou une photo de votre programme python, de l'histogramme de distribution et des valeurs de c et de u(c).
- Présenter votre résultat final en étant attentif aux règles de présentation du résultat d'une mesure.

C. Alternative à l'utilisation de Python : calcul « à la main » de l'incertitude composée

- Déterminer les incertitudes-type u(θ_1) et u(a). On rappelle qu'on considère que u(f) est négligeable devant elles.
- Rappeler l'expression littérale de c en fonction de θ_1, f et a. Utiliser les résultats de vos mesures pour déterminer une valeur de la célérité c.
- Utiliser le tableau de l'annexe 2 pour déterminer l'expression littérale de u(c) puis présenter le résultat final de votre mesure.