

Activité expérimentale n° 6 – Introduction à la notion d'interférences

► Introduction

Les interférences sont dans notre quotidien, dernièrement les écouteurs sans fil à réduction de bruit active utilisent ce principe physique. Tout comme la diffraction, les interférences mettent en évidence le caractère ondulatoire de la lumière, attention cependant à ne pas confondre les deux phénomènes ...

✓ Savoirs et savoir-faire

Savoirs	Savoir-faire / capacités
• La différence de marche $\delta = d_2 - d_1$. • Interférences constructives et destructives. • Signaux en phase ou en opposition de phase ($\phi = 0$ ou 180°). • Le caractère ondulatoire de la lumière.	• Exploiter une animation d'interférences à la surface de l'eau. • Relier la différence de marche à l'observation des franges. • Additionner deux signaux sinusoïdaux et interpréter le résultat selon le déphasage.

Le but de cette activité est de découvrir la notion d'interférence entre différents types d'onde, qu'elles soient mécaniques ou électromagnétiques.

Document 1 - La différence de marche

La différence de marche, notée δ , correspond à la différence de chemin parcouru par une onde par rapport à l'autre. Une différence de marche égale à 0 signifie qu'en un point donné, les ondes ont parcouru le même chemin depuis leurs sources respectives jusqu'au point en question.

Par exemple, sur le schéma ci-dessous, deux sources produisent chacune des ondes qui sont détectées sur un écran.

- Les ondes rouges parcourent chacune la même distance : la différence de marche est nulle.
- Les ondes bleues parcourent des chemins différents : la différence de marche est non nulle.

Dans un cas général, on note la différence de marche

$$\delta = d_2 - d_1$$

Dans cet exemple, elle serait égale à

$$\delta = |E_2 R_2 - E_1 R_2|$$

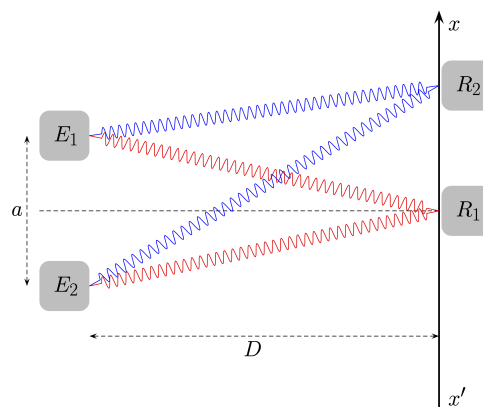


FIGURE 1 – Les interférences vont être observées sur l'écran à droite

Partie I - Interférences à la surface de l'eau

Ouvrir l'animation d'interférences à la surface de l'eau. Les deux sources S_1 et S_2 vibrent en phase : elles émettent leurs crêtes et leurs creux au même instant.

Animation : <https://physiquechimie.xyz/cours/term-interferences-deux-ondes/#animation-interferences>

- Régler une longueur d'onde $\lambda = 10$ mm et un écartement entre les sources $a = 30$ mm.
- Déplacer le point M : l'animation affiche alors $d_1 = S_1 M$, $d_2 = S_2 M$ et la différence de marche $\delta = |d_2 - d_1|$.
- Les bandes claires sont les maxima (crêtes) et les bandes sombres les minima (creux). Les lignes jaunes suivent les franges constructives, les pointillés les franges destructives.

Activité expérimentale n° 6 – Introduction à la notion d'interférences

1. **Prévoir.** Sur la médiatrice de $S_1 S_2$ (la droite située à égale distance des deux sources, au centre de la figure), les deux ondes parcourent-elles la même distance? En déduire la valeur attendue de la différence de marche δ au centre de la figure.

✓ Correction

Sur la médiatrice de $S_1 S_2$, le point M est à égale distance des deux sources : $S_1 M = S_2 M$, donc $d_1 = d_2$. Les deux ondes parcourent la même distance et la différence de marche attendue au centre de la figure est :

$$\delta = |d_2 - d_1| = 0$$

2. **Vérifier.** Placer le point M sur la frange centrale, puis afficher les franges constructives. Relever δ et le rapport δ/λ . La prévision précédente est-elle validée?

✓ Correction

Sur la frange centrale, l'animation donne $\delta = 0$ mm, soit $\delta/\lambda = 0$. La prévision est validée : au centre de la figure, les deux ondes parcourent bien le même chemin.

3. **Ordres 1 et 2.** Déplacer M sur la première frange constructive de part et d'autre du centre (ordre 1), puis sur la suivante (ordre 2). Relever à chaque fois δ et δ/λ . Que valent ces rapports pour la frange centrale, puis pour la frange d'ordre 2?

✓ Correction

Avec $\lambda = 10$ mm :

- frange centrale : $\delta = 0$ mm et $\delta/\lambda = 0$;
- franges d'ordre 1 : $\delta = 10$ mm = λ et $\delta/\lambda = 1$;
- franges d'ordre 2 : $\delta = 20$ mm = 2λ et $\delta/\lambda = 2$.

Le rapport δ/λ vaut donc 0 pour la frange centrale et 2 pour la frange d'ordre 2.

4. **Généraliser.** En déduire la relation générale liant la différence de marche δ des interférences constructives à un entier k (appelé ordre d'interférence) et à la longueur d'onde λ .

✓ Correction

Sur une frange constructive, δ/λ est un nombre entier : la différence de marche est un multiple entier de la longueur d'onde.

$$\delta = k\lambda \quad \text{avec } k \text{ entier } (k = 0, 1, 2, \dots)$$

k est l'ordre d'interférence : $k = 0$ pour la frange centrale, $k = 1$ pour les franges d'ordre 1, etc.

5. **Interférences destructives.** Afficher les franges destructives (pointillées). Déplacer M successivement sur les deux premières lignes d'extinction et relever δ/λ dans chaque cas. En déduire la relation générale donnant δ pour des interférences destructives.

✓ Correction

Sur les deux premières lignes d'extinction, l'animation donne $\delta = 5$ mm ($\delta/\lambda = 0,5$) puis $\delta = 15$ mm ($\delta/\lambda = 1,5$). Le rapport δ/λ est donc un demi-entier impair :

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda = \frac{2k+1}{2}\lambda \quad \text{avec } k \text{ entier } (k = 0, 1, 2, \dots)$$

Activité expérimentale n° 6 – Introduction à la notion d'interférences

6. **Entre deux franges.** Placer maintenant M entre une frange constructive et une frange destructive. Que vaut alors δ/λ ? L'amplitude de l'onde résultante vous semble-t-elle nulle, maximale ou intermédiaire? (*Cette situation est étudiée dans la partie II.*)

✓ Correction

Entre une frange constructive et une frange destructive, δ/λ prend une valeur intermédiaire (par exemple 0,75) : l'onde résultante a alors une amplitude intermédiaire, comprise entre 0 et son amplitude maximale. La figure observée n'est donc ni une bande claire, ni une bande sombre.

Partie II - Des ondes en phase, en opposition de phase ou quelconque

Dans Cappytale2 (Monlycée.net – > Mes applications), entrer le code : 52da-11821492. Ce programme demande la différence de marche δ exprimée en nombre de longueurs d'onde : on note n ce nombre, de sorte que $\delta = n\lambda$. Il trace l'onde 1, l'onde 2 et leur somme, puis indique l'amplitude de l'onde résultante en unité a . La virgule décimale est acceptée pour les valeurs non entières (0,5).

Pour chaque essai : **prévoir** le résultat, puis **tester** avec le programme et comparer à la prévision.

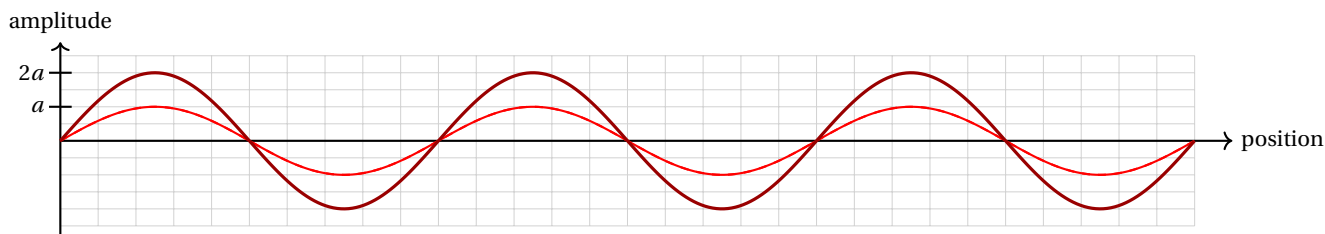
7. $\delta = 0$: **ondes en phase.** Saisir $n = 0$. Les deux ondes arrivent-elles au même instant en un point donné? Que vaut l'amplitude de l'onde résultante, en unité de l'amplitude a d'une seule onde? On dit alors que les deux ondes sont « en phase » : justifier ce terme à l'aide de la figure obtenue.

✓ Correction

Pour $n = 0$, $\delta = 0$: les deux ondes arrivent au même instant en tout point, leurs maxima et leurs minima coïncident. L'amplitude de l'onde résultante vaut alors $2a$, soit le double de l'amplitude d'une seule onde. Les deux ondes sont « en phase » car leurs deux courbes sont parfaitement superposées : elles passent par leur maximum et par leur minimum au même instant (déphasage nul).

8. **Représenter.** Sur la grille ci-dessous, tracer l'onde 1, l'onde 2 (en pointillés) et leur somme pour $n = 0$.

Grille de tracé pour $n = 0,0$



✓ Correction

$n = 0$, donc $\delta = 0$: les ondes 1 et 2 sont confondues, elles se superposent exactement (trait plein et pointillés sont ici confondus). La somme a la même allure, mais une amplitude double : elle oscille entre $-2a$ et $+2a$.

Activité expérimentale n° 6 – Introduction à la notion d'interférences

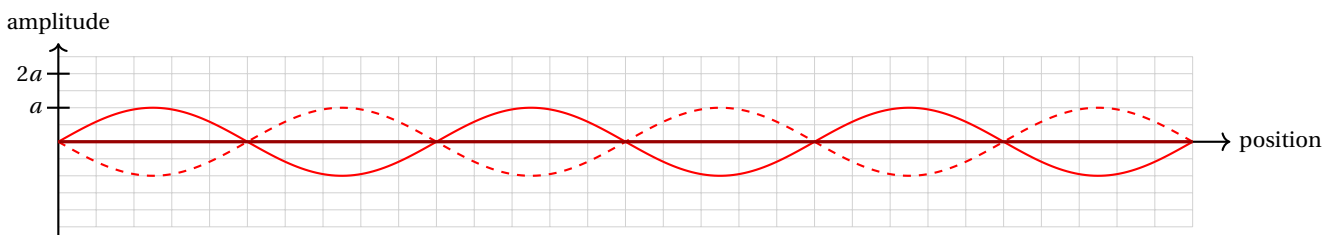
9. **Autres valeurs entières.** Saisir maintenant $n = 1$ puis $n = 2$. La figure obtenue est-elle différente de celle pour $n = 0$? Quelles valeurs de n correspondent à deux ondes en phase? Comparer avec la relation trouvée dans la partie I.

✓ Correction

Pour $n = 1$ puis $n = 2$, on obtient exactement la même figure que pour $n = 0$: les deux ondes sont encore en phase et l'amplitude de la somme reste égale à $2a$. Deux ondes sont donc en phase lorsque $n = k$ est un entier, c'est-à-dire lorsque $\delta = k\lambda$: c'est bien la relation des interférences constructives trouvée dans la partie I.

10. $\delta = 0,5\lambda$: **opposition de phase.** Saisir $n = 0,5$. Décrire la position de l'onde 2 par rapport à l'onde 1, puis la valeur de l'amplitude de la somme. Justifier alors le terme « opposition de phase », puis tracer les trois courbes sur la grille ci-dessous.

Grille de tracé pour $n = 0,5$



✓ Correction

Pour $n = 0,5$, l'onde 2 est décalée d'une demi-longueur d'onde par rapport à l'onde 1 : le maximum de l'une coïncide avec le minimum de l'autre. Les deux courbes sont symétriques par rapport à l'axe des abscisses et leur somme est nulle à tout instant : l'amplitude de l'onde résultante vaut 0.

Les deux ondes sont « en opposition de phase » car lorsqu'une onde est à son maximum, l'autre est à son minimum (déphasage de 180°).

11. **Un cas quelconque.** Saisir enfin $n = 0,25$. Que vaut l'amplitude de la somme? Le programme indique « renforcement partiel » : ce résultat est-il cohérent avec la valeur de δ choisie?

✓ Correction

Pour $n = 0,25$, les deux ondes ne sont ni en phase ni en opposition de phase : l'onde 2 est décalée d'un quart de longueur d'onde par rapport à l'onde 1. L'amplitude de la somme est intermédiaire, égale à environ $1,4a$.

Le résultat est cohérent avec la valeur choisie : $\delta = 0,25\lambda$ est compris entre 0 (interférences constructives) et $0,5\lambda$ (interférences destructives), les interférences sont donc partiellement constructives.

12. **Bilan.** Compléter le tableau suivant.

Différence de marche	Nature des deux ondes	Type d'interférences	Amplitude de la somme
$\delta = 0; \delta = \lambda; \delta = 2\lambda$	en phase	constructives	maximale ($2a$)
$\delta = 0,5\lambda$	en opposition de phase	destructives	nulle (0)
$\delta = 0,25\lambda$	déphasées (décalage d'un quart de longueur d'onde)	partielles (ni constructives ni destructives)	intermédiaire ($\approx 1,4a$)

Activité expérimentale n° 6 – Introduction à la notion d'interférences

13. **Lien avec la partie I.** Dans l'animation, au niveau d'une frange constructive, les deux ondes sont-elles en phase ou en opposition de phase? Et au niveau d'une frange destructive? Conclure en une phrase sur le lien entre la différence de marche et la nature des interférences.

✓ Correction

Au niveau d'une frange constructive, les deux ondes sont en phase ($\delta = k\lambda$) : les amplitudes s'additionnent, ce qui donne les bandes claires. Au niveau d'une frange destructive, elles sont en opposition de phase ($\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$) : les amplitudes s'annulent, ce qui donne les bandes sombres.

La nature des interférences est donc entièrement fixée par la valeur de la différence de marche δ en ce point.

♥ À retenir

À retenir :

- Deux ondes de même fréquence qui se superposent en un point **interfèrent** : l'amplitude de l'onde résultante dépend de leur **différence de marche** δ .
- **Interférences constructives** : $\delta = k\lambda$ (k entier). Les deux ondes sont **en phase**; les amplitudes s'additionnent et l'amplitude résultante est **maximale**.
- **Interférences destructives** : $\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (k entier). Les deux ondes sont **en opposition de phase**; l'amplitude résultante est **minimale** (nulle si les deux ondes ont la même amplitude).
- Toute autre valeur de δ conduit à des interférences **partielles** : l'amplitude résultante est intermédiaire.
- Dans le cas de la lumière, les interférences (franges claires et sombres) mettent en évidence son **caractère ondulatoire**.