BURHAN

Résumé : Ondes mécaniques progressives périodiques

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/ondes-mecaniques-progressives-periodiques/resume

Chapitre	Semestre
Ondes mécaniques progressives périodiques	Semestre 1

Périodicité temporelle d'une onde progressive

Remarque : Célérité et retard, déjà connus

Rappel : une onde mécanique progressive transporte une perturbation sans transport de matière, à la célérité . Un point à la distance de la source reproduit son mouvement avec le retard – :

.

Définition : Onde progressive périodique et période temporelle

Une onde progressive est **périodique** lorsque la perturbation imposée par la source se reproduit identique à elle-même à intervalles de temps égaux.

La plus petite durée au bout de laquelle la perturbation se reproduit identique à elle-même est la **période temporelle** de l'onde. Elle s'exprime en secondes ( ).

Chaque point du milieu atteint par l'onde reproduit le mouvement de la source avec un retard : il vibre avec la même période .

Exemple

Situation. Au fond d'un aquarium, une pompe libère une bulle d'air toutes les ; chaque bulle crève la surface calme.

Période. La perturbation se répète à intervalles égaux : .

Un point du milieu. Un bouchon flottant atteint par les rides monte et redescend, lui aussi, toutes les .

À retenir : Une période imposée par la source

Une onde n'est périodique que si la source est entretenue : un ébranlement unique ne se répète pas. La période est fixée par la source. Le milieu, lui, fixe la célérité ; dans un milieu dispersif, elle dépend aussi de la fréquence.

Amplitude, période et fréquence d'un signal sinusoïdal

Définition : Onde progressive sinusoïdale, période et fréquence

Une onde progressive périodique est **sinusoïdale** lorsque l'élongation de la source est une fonction sinusoïdale du temps :

$$\left(-\quad\right)$$

est l'**amplitude**, la **période** et une constante fixée par le choix de l'origine des dates.

La **fréquence** est le nombre de périodes par seconde :

$$-$$

Elle s'exprime en hertz : .

Méthode : Lire une période sur l'écran d'un oscilloscope

1. **Compter** le plus grand nombre entier de périodes visibles en entier sur l'écran.
2. **Mesurer** leur largeur , en divisions, sur l'axe horizontal.
3. **Convertir** : , d'où la période .
4. **Inverser** : —, en hertz.

Exemple

Lecture. Quatre périodes occupent divisions, avec .

Période. , donc .

Fréquence.

$$\text{———————}$$

Exemple

Un émetteur ultrasonore de fréquence a pour période — ———————— ,

soit .

À retenir : Lire sur plusieurs périodes

Mesurer sur le plus grand nombre de périodes réduit l'erreur relative de lecture. Une erreur de divi- sion pèse sur divisions, mais sur divisions.

Longueur d'onde et célérité

Définition : Longueur d'onde

La **longueur d'onde** d'une onde progressive sinusoïdale est la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à sa période .

Elle s'exprime en mètres ( ).

Propriété : Relation entre longueur d'onde, célérité et période

Une onde progressive sinusoïdale de période et de fréquence se propage avec la célérité dans un milieu homogène. Sa longueur d'onde vaut :

—

Exemple

Données. Un sifflet émet un son de fréquence ; dans l'air, .

Longueur d'onde.

—

Deux chiffres significatifs, comme la fréquence.

À retenir : Contrôler l'unité de la longueur d'onde

Équation aux dimensions : . Le produit d'une célérité par une durée est bien une longueur, exprimée en mètres.

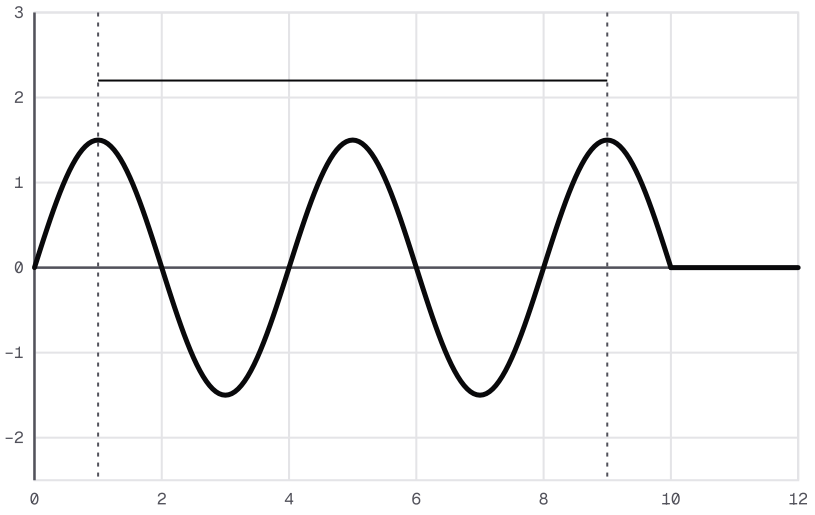
Attention : Lire la période sur y(t), la longueur d'onde sur y(x)

La courbe d'un point porte des durées en abscisse : on y lit . L'aspect du milieu à un instant porte des distances en abscisse : on y lit . Avant toute lecture, regarde l'unité de l'axe horizontal.

Attention : Changer de milieu ne change pas la fréquence

Quand un son passe de l'air à l'eau, sa fréquence reste celle de la source. Sa célérité augmente, donc sa longueur d'onde aussi. Dans un même milieu non dispersif, doubler divise par deux sans changer .

Périodicité spatiale et états vibratoires



Aspect du milieu à un instant, le long de la direction de propagation

Exemple

Lecture. Entre la première et la troisième crête, on lit : , donc .

Front. Le front est à de la source, soit longueurs d'onde : la source a effectué deux oscillations et demie.

Propriété : Points qui vibrent en phase ou en opposition de phase

Une onde progressive sinusoïdale de longueur d'onde se propage sans amortissement. Deux points et d'une même direction de propagation sont à la distance ; on les observe après l'arrivée de l'onde en chacun d'eux.

- Si , avec entier naturel non nul, et vibrent **en phase** : à chaque instant, ils ont la même élongation.
- Si –, avec entier naturel, ils vibrent **en opposition de phase** : à chaque instant, leurs élongations sont opposées.

En particulier, à un instant donné, l'aspect du milieu se reproduit identique à lui-même tous les : la longueur d'onde est la **période spatiale** de l'onde. L'onde a ainsi une **double périodicité**, temporelle ( ) et spatiale ( ).

Méthode : Comparer deux points par le rapport d/λ

1. **Longueur d'onde** : donnée, lue sur un aspect, ou calculée par —.
2. **Rapport** : –, où sépare les deux points sur une même direction de propagation.
3. **Lecture du rapport** : rapport entier, mouvements en phase ; entier augmenté d'un demi, mouvements opposés ; toute autre valeur, aucun des deux.

Exemple

Données. sur une direction de propagation.

Points distants de **.** – ——— : opposition de phase.

Points distants de **.** – ——— : en phase.

Mesurer une longueur d'onde et une fréquence

Méthode : Mesurer λ avec deux récepteurs alignés

1. **Départ** : les signaux des deux récepteurs sont en phase à l'écran.
2. **Déplacement** : recule un récepteur le long de la direction de propagation et compte nouvelles coïncidences.
3. **Mesure** : relève la distance parcourue par ce récepteur.
4. **Calcul** : – ; un grand nombre rend la mesure plus précise.

Exemple

Relevé. Avec l'émetteur de , on compte six coïncidences sur .

Longueur d'onde. ——— .

Célérité.

Méthode : Stroboscopie : de l'immobilité apparente à N et λ

1. **Balayage** : pars d'une fréquence d'éclairs élevée et diminue-la lentement.
2. **Fréquence** : la première immobilité apparente avec un seul aspect donne .
3. **Longueur d'onde** : sur l'aspect immobile, mesure à l'échelle l'écart de plusieurs crêtes, puis divise.
4. **Contrôle** : la célérité doit être plausible pour le milieu.

Exemple

Observations. Une lame vibrante fait onduler un long ruban. Le ruban paraît immobile, avec un seul aspect, pour , et . Au-dessus de , aucun aspect unique immobile.

Fréquence. La plus grande de ces valeurs : .

Longueur d'onde. Cinq longueurs d'onde occupent , donc .

Célérité.

Attention : Les sous-multiples de la fréquence immobilisent aussi le milieu

Avec des éclairs de fréquence —, entier, chaque point fait oscillations complètes entre deux éclairs : le milieu paraît encore immobile. Ne retiens que la plus grande de ces fréquences. Un peu au-dessous de , le milieu semble avancer lentement, dans le sens réel de propagation.

Diffraction par une ouverture

Propriété : Condition d'obtention de la diffraction

Une onde progressive sinusoïdale de longueur d'onde rencontre une ouverture, ou un obstacle, de dimension . Au-delà de l'ouverture, l'onde se propage dans des directions qu'elle n'avait pas avant : c'est le phénomène de **diffraction**.

La diffraction est nette lorsque la dimension de l'ouverture est inférieure ou égale à la longueur d'onde :

Lorsque est grande devant , l'onde traverse l'ouverture presque sans changer de direction.

Propriété : Caractéristiques de l'onde diffractée

L'onde diffractée par une ouverture a la **même période**, la **même fréquence** et la **même longueur d'onde** que l'onde incidente. Elle se propage dans le même milieu, avec la **même célérité**.

La diffraction modifie la forme de l'onde et sa direction de propagation : derrière une fente fine, à la surface de l'eau, les rides deviennent circulaires, centrées sur la fente. L'amplitude de l'onde diffractée est plus faible que celle de l'onde incidente.

Méthode : Prévoir une diffraction en trois temps

1. **Longueur d'onde** : —, ou lecture sur un document.
2. **Comparaison** : inférieure ou de l'ordre de , diffraction marquée ; très grande devant , onde presque inchangée. Un obstacle de taille se juge de même : petit devant , l'onde le contourne et se propage derrière lui.
3. **Onde diffractée** : mêmes , et ; fronts courbés, amplitude réduite.

Méthode : Montage de diffraction des ultrasons : fente, récepteur, angle

1. **Fente** : devant l'émetteur, une plaque percée d'une fente de largeur voisine de .
2. **Récepteur** : derrière la fente, il se déplace sur un arc de cercle centré sur elle, à distance fixe.
3. **Relevé** : pour chaque angle avec l'axe, note l'amplitude du signal lue à l'oscilloscope.
4. **Lecture** : un maximum dans l'axe, puis des minima et des maxima plus faibles sur les côtés.

Exemple

Données. Une fontaine agite la surface d'un bassin de jardin à ; les rides avancent à . Elles passent entre deux pierres distantes de .

Longueur d'onde.

—

Soit .

Diffraction. : diffraction nette. Au-delà des pierres, les rides sont circulaires, toujours espacées de .

Attention : Rides diffractées : même espacement

Derrière l'ouverture, l'onde reste dans le même milieu : sa célérité, sa fréquence et sa longueur d'onde ne changent pas. Sur un schéma, les rides diffractées gardent l'écart des rides incidentes. Seuls la forme des rides, leur direction et leur amplitude changent.

Attention : Une condition d'ordre de grandeur

Comparer à ne fixe pas un seuil net. Une ouverture de largeur diffracte encore, plus faiblement. Plus diminue, plus l'onde s'étale derrière l'ouverture.

Célérité et fréquence : milieu dispersif ou non

Définition : Milieu dispersif

Un milieu de propagation est **dispersif** lorsque la célérité d'une onde progressive sinusoïdale y dépend de la fréquence de l'onde.

Dans un milieu non dispersif, toutes les ondes sinusoïdales se propagent avec la même célérité, quelle que soit leur fréquence. Dans les deux cas, la relation — reste vraie, avec la célérité qui correspond à la fréquence .

Méthode : Tester la dispersion d'un milieu

1. **Tableau** : pour chaque fréquence , la longueur d'onde mesurée dans le même milieu.
2. **Célérités** : ligne par ligne, avec les chiffres significatifs des mesures.
3. **Verdict** : valeurs égales aux erreurs de mesure près, milieu non dispersif ; valeurs qui changent avec , milieu dispersif.

Exemple

Mesures dans l'air. pour ; pour .

Célérités. et .

Conclusion. Même célérité : pour ces sons, l'air n'est pas dispersif.

Exemple

En eau profonde, une houle de période avance à environ . Un clapot de période avance à environ . La célérité dépend de la fréquence : pour ces vagues, l'eau est un milieu dispersif.

Gestes et formules des ondes périodiques

Méthode : Quelle méthode pour quelle question ?

- **Période sur un oscillogramme** : plusieurs périodes, divisions multipliées par .
- **Fréquence** : —.
- **Longueur d'onde sur un aspect** : écart entre crêtes, sur plusieurs .
- **Longueur d'onde par le calcul** : —.
- **États de deux points** : rapport –.
- **Deux récepteurs** : – après coïncidences.
- **Stroboscope** : plus grande donnant un aspect unique immobile.
- **Diffraction** : comparer et .
- **Diffraction mise en évidence** : récepteur mobile à distance fixe de la fente, amplitude selon l'angle.
- **Dispersion** : pour chaque fréquence.

Fréquence —	**Longueur d'onde** —
Oscillogramme	**Deux récepteurs** –
En phase	**Opposition de phase** –
Diffraction nette	**Retard** –
Hertz	

À retenir : Rédiger une mesure en devoir

Nomme la relation employée, écris-la en lettres, puis remplace avec les unités. Une lecture sur un graphe ou un écran s'écrit avec et sa méthode, par exemple « sur quatre périodes ». Garde au résultat les chiffres significatifs de la donnée la moins précise.