

Chapitre 17

Ondes mécaniques périodiques

1. Ondes mécaniques périodiques

1.1 - Définitions

Un signal $s(t)$ est périodique lorsqu'il se reproduit identiquement à lui-même à intervalles de temps réguliers et consécutifs appelés périodes.

Sans amortissement, lorsque l'excitation de la source d'une onde mécanique progressive est périodique, l'onde progressive est aussi périodique.

Une onde mécanique périodique est la propagation d'une perturbation mécanique périodique.

1.2 - Double périodicité

Sans amortissement, l'élongation de la source étant périodique au cours du temps et l'onde étant progressive, tout point du milieu reproduit le mouvement de la source avec un certain retard : l'élongation de tout point du milieu est donc périodique dans le temps, avec la même période que celle de la source.

La période temporelle T , appelée période, d'une onde mécanique périodique correspond à la plus petite durée au bout de laquelle chaque point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire. Elle s'exprime en seconde. Elle est imposée par la source.

Lorsqu'une onde mécanique périodique se propage sans amortissement dans un milieu, certains points du milieu, régulièrement espacés dans la direction de propagation, se retrouvent, à tout instant, dans le même état vibratoire. C'est la périodicité spatiale.

La période spatiale d'une onde mécanique périodique à une dimension correspond à la plus petite distance qui sépare deux points du milieu présentant à chaque instant le même état vibratoire. Elle s'exprime en mètre. Elle dépend du milieu de propagation.

Remarque

Les représentations temporelle ou spatiale d'une onde périodique sont périodiques. La période temporelle T peut donc être mesurée sur l'enregistrement de l'élongation d'un point donné du milieu en fonction du temps et la période spatiale sur l'enregistrement de l'élongation de tous les points du milieu à un instant donné.

2. Ondes sinusoïdales

2.1 - Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal au cours du temps $s(t)$ est décrit par la relation :

$$s(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

Unités usuelles :

A , même unité que le signal ;

T en seconde (s) ;

φ (phase à l'origine) en radian (rad).

La phase à l'origine φ dépend des conditions initiales.

Si $\varphi = 0$, la courbe représentative de $s(t)$ est celle de la fonction cosinus.

Si $\varphi = -\frac{\pi}{2}$, comme $\cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{2}\right) = \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$, la courbe représentative de $s(t)$

est celle de la fonction sinus.

2.2 - Définitions

Lorsque l'excitation de la source d'une onde mécanique progressive est sinusoïdale, l'onde progressive est aussi sinusoïdale.

Une onde mécanique sinusoïdale est la propagation d'une perturbation mécanique sinusoïdale.

L'élongation de la source étant sinusoïdale au cours du temps et l'onde étant progressive, la représentation spatiale et la représentation temporelle de l'onde sont décrites par des fonctions sinusoïdales.

Une onde sinusoïdale est caractérisée par :

- sa période temporelle, la période T , exprimée en seconde ;
- sa période spatiale, appelée longueur d'onde λ , exprimée en mètre.

Si $M_1M_2 = k \times \lambda$ (avec k entier), alors les points M_1 et M_2 sont dans le même état vibratoire et leurs élongations au cours du temps coïncident.

2.3 - Relation entre période, longueur d'onde et célérité

Lors de la propagation d'un point M_1 vers un point M_2 d'une onde sinusoïdale de célérité v , M_2 reproduit le mouvement de M_1 avec un retard $\tau = \frac{M_1M_2}{v}$.

Si $M_1M_2 = \lambda$, le point M_2 reproduit le mouvement du point M_1 après n'avoir subi qu'une seule oscillation ; le retard τ est alors égal à T .

$$\text{Ainsi, } T = \frac{\lambda}{v}$$

$$\text{Et } v = \frac{\lambda}{T}$$

Dans le cas d'une onde progressive sinusoïdale, la célérité v de l'onde est liée à la longueur d'onde λ et à la période T de l'onde :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Unités du Système international :

λ en mètre (m) ;

T en seconde (s) ;

v en mètre par seconde ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Remarques

- La relation précédente, écrite sous la forme $\lambda = v \times T$, permet de définir la longueur d'onde comme la distance parcourue par l'onde sinusoïdale se propageant à la célérité v pendant une durée égale à la période T .
- La période T (et la fréquence $f = \frac{1}{T}$) d'une onde sinusoïdale est imposée par la source de l'onde. Elle ne dépend pas du milieu de propagation, contrairement à sa longueur d'onde λ et à sa célérité v .