I- Phénomènes oscillatoires

De manière générale, un phénomène périodique est un phénomène qui se répète à intervalles de temps réguliers.

La durée qui sépare deux états identiques est appelée ……………………………….. notée **T** (seconde : s).

La période désigne ainsi la durée d'un cycle.

Nous distinguons deux types de tels mouvements périodiques :

- un mouvement sur une trajectoire fermée.

  Exemples : mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil, mouvement de rotation de la Terre autour de son axe Nord Sud…

- Mouvement vibratoire autour d'une position d'équilibre stable ou ……………………………………………

  Exemples : oscillations d'un pendule ; corde vibrante, oscillations de l'air dans une vibration sonore, …

Le nombre de cycles pendant une unité de durée est appelé ………………………………….. notée f.

Pendant une seconde, le nombre de cycle est mesuré en ………………………………….

($1\ Hz = 1\ s^{-1}$)

En unités du système international (U.S.I.) :

I- Phénomènes oscillatoires

De manière générale, un phénomène périodique est un phénomène qui se répète à intervalles de temps réguliers.

La durée qui sépare deux états identiques est appelée **période**. notée **T** (seconde : s).

La période désigne ainsi la durée d'un cycle.

Nous distinguons deux types de tels mouvements périodiques :

- un mouvement sur une trajectoire fermée.

  Exemples : mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil, mouvement de rotation de la Terre autour de son axe Nord Sud…

- Mouvement vibratoire autour d'une position d'équilibre stable ou **mouvement oscillant**

  Exemples : oscillations d'un pendule ; corde vibrante, oscillations de l'air dans une vibration sonore, …

Le nombre de cycles pendant une unité de durée est appelé **fréquence.** notée f.

Pendant une seconde, le nombre de cycle est mesuré en **Hertz**

(1 Hz = 1 s^{-1})

II- Mouvement sinusoïdal

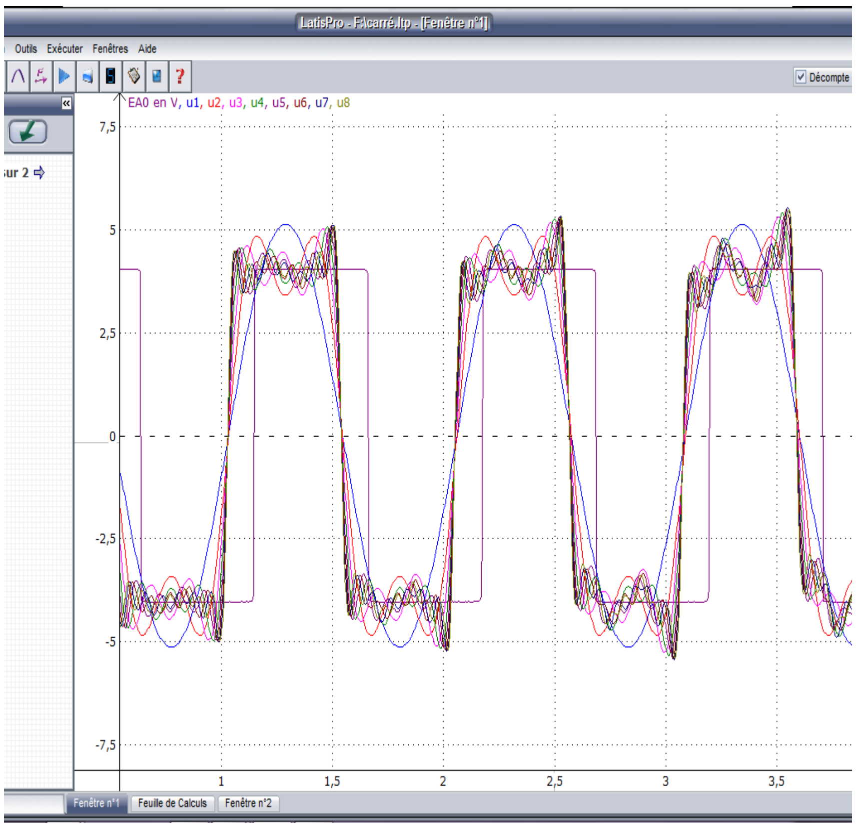
1°) Définition

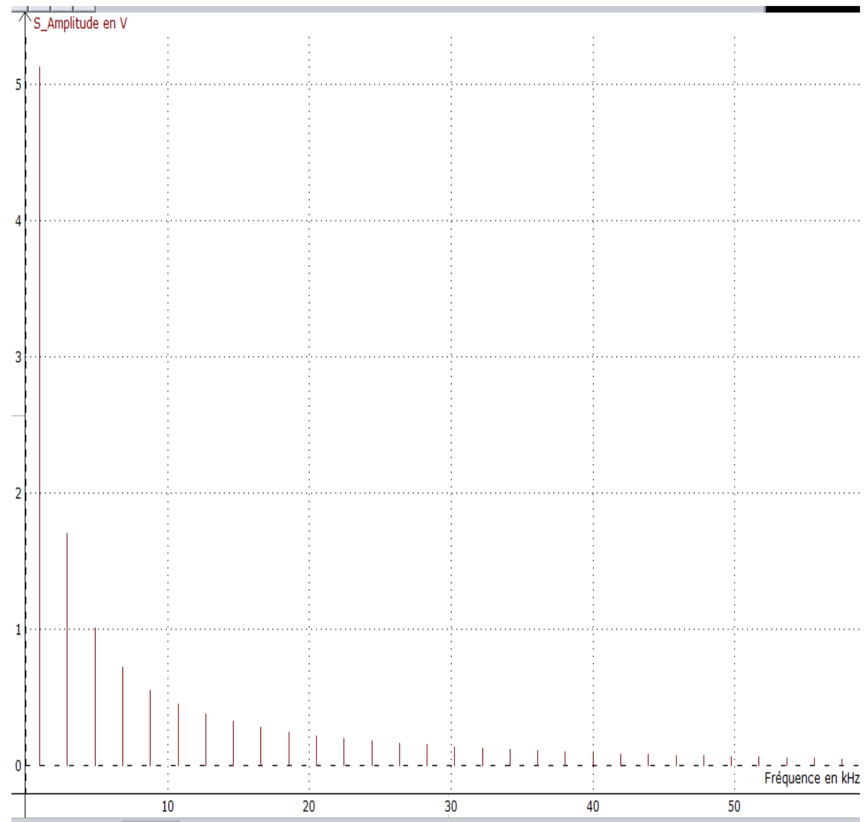
Parmi les phénomènes périodiques les plus simples, nous trouvons ceux évoluant de manière sinusoïdale.

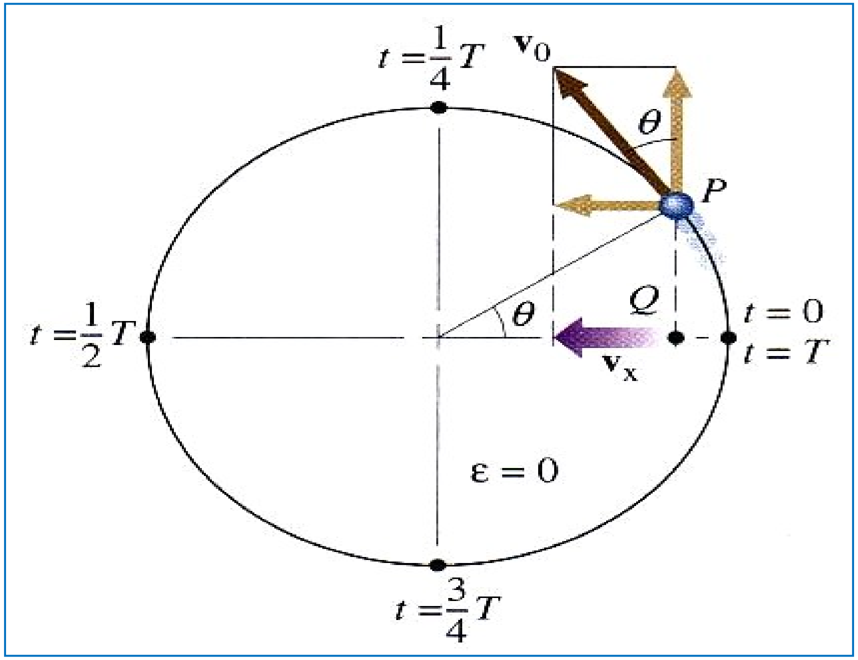
Nous disons alors que le système est caractérisé par une seule fréquence.

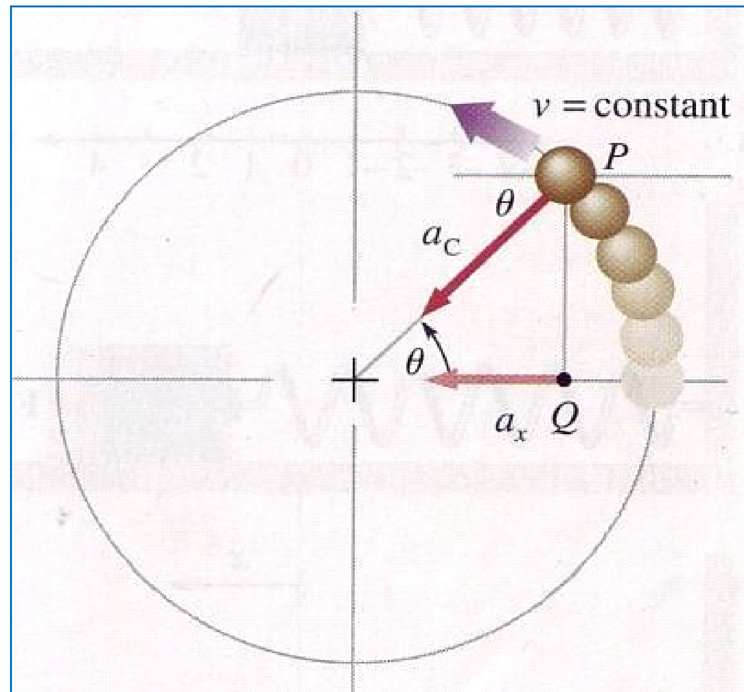
Remarque : de manière générale, la plupart des mouvements sont compliqués ; néanmoins, la forme qu'ils prennent peut se mettre sous la forme de la superposition de mouvements sinusoïdaux d'importances inégales.

Figure 2 : analyse spectrale et recomposition d'une grandeur physique dont l'évolution est périodique.






$t = \frac{1}{4}T$
$\mathbf{v}_0$
θ
P
Q
θ
$t = 0$
$t = T$
$t = \frac{1}{2}T$
$\mathbf{v}_x$
$\varepsilon = 0$
$t = \frac{3}{4}T$


v = constant
P
θ
a_C
θ
a_x
Q

2°) Représentation d'une grandeur sinusoïdale.

Considérons le cas particulier d'un objet ayant un mouvement circulaire et uniforme. Il décrit un tour complet pendant une durée T et avec une fréquence $f = 1/T$.

Il balaie donc un angle 2π radian pour un tour complet, donc un angle 2π f pendant une seconde.

L'angle balayé pendant une unité de temps représente

la vitesse ou fréquence angulaire ω du mobile :

$\omega = 2\pi.f = 2\pi/T$; ω en $rad.s^{-1}$, f en Hz et T en s.

De nombreux phénomènes : rotation uniforme, mouvement sinusoïdal, mouvement ondulatoire sinusoïdal, peuvent être analysés par la même fonction mathématique.

Sur les figures ci-dessous, les fonctions trigonométriques permettent de relier l'angle de rotation du disque et l'évolution du même disque.

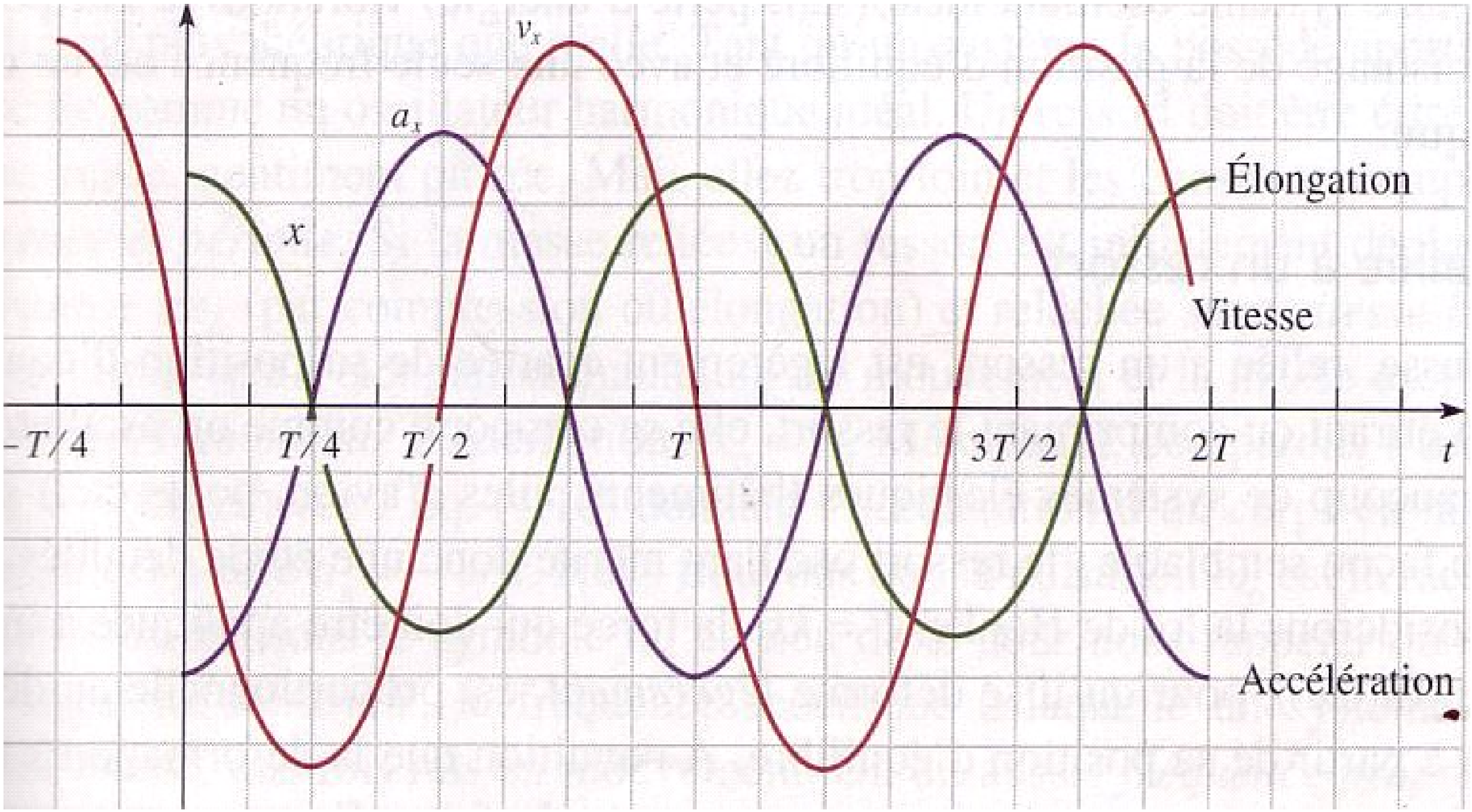
La révolution du mobile sur la trajectoire circulaire de rayon noté A et les mouvements de va-et-vient de l'abscisse et l'ordonnée de ce même mobile, ont une fréquence f identique.

Aux mouvements de va-et-vient précédemment cités et, de manière générale, à toutes les évolutions temporelles sinusoïdales, nous associons une caractéristique appelée :

pulsation., notée ω,

d'unité, dans le système international, $rad.s^{-1}$ et reliée à la fréquence par la relation : $\omega = 2\pi.f = 2\pi/T$

Figure 1 : représentation graphique de l'évolution dans le temps d'une grandeur sinusoïdale, de sa vitesse d'évolution et de son accélération.



Une grandeur physique évoluant sinusoïdalement peut s'écrire (l'élongation d'un ressort par exemple) :

$$x(t) = A.\cos(\omega.t + \varphi)$$
$$= A.\cos(2\pi.f.t + \varphi)$$
$$= A.\cos(2\pi\, t/T + \varphi).$$

$\omega.t + \varphi$ est l'argument de la fonction cosinus ou encore la **phase du mouvement**.

A t = 0, la phase est conventionnellement prise égale à un nombre noté φ et appelé **phase à l'origine des temps.**

A est **l'amplitude du mouvement.**

Nous reconnaissons le rayon du cercle de référence. La grandeur physique ainsi décrite évolue entre les valeurs $+A$ et $-A$.

ω est la **pulsation**. Nous reconnaissons la vitesse angulaire du mobile sur le cercle de référence.

3°) Vitesse et accélération d'un mouvement sinusoïdal

1ère méthode

Nous reprenons l'analogie de formalisation existant entre un mouvement sinusoïdal (l'élongation x d'un ressort par exemple) et le mouvement circulaire et uniforme sur un cercle de référence de rayon A, voir figures 3,4 et 5.

La vitesse a pour norme $v = A.\omega$ (que l'on déduit directement de la longueur d'un arc de cercle d'expression $\ell = A.\theta$).

Sa projection sur l'axe des abscisses **compte tenu de l'orientation des angles et du vecteur vitesse**, nous donne :

$v_x = -A.\sin\theta = -A.\sin(\omega.t + \varphi)$.

Nous savons également que l'accélération d'un mouvement circulaire et uniforme est centripète et de norme : $a = \ = A.\omega^2$ (figure 6b).

Sa projection sur l'axe des abscisses compte tenu de l'orientation des angles et du vecteur accélération :

$a_x = -A\omega^2.\cos(\omega.t + \varphi)$.

2ème méthode

L'élongation s'écrit : $x = A.\cos(\omega.t + \varphi)$.

La vitesse s'en déduit : $v_x = \ = -A\omega.\sin(\omega.t + \varphi)$

De même l'accélération $a_x = \ = \ = -A.\omega^2\cos(\omega.t + \varphi) = -\omega^2 x$.

3°) Vitesse et accélération d'un mouvement sinusoïdal

Deux propriétés intéressantes se dégagent :

- la vitesse est déphasée de $\pi/2$ par rapport à l'élongation ; l'accélération est déphasée de $\pi/2$ par rapport à la vitesse et de π par rapport à l'élongation (voir figure 7) ;

- **l'accélération d'un oscillateur harmonique est proportionnelle à son élongation et de signe opposée à son élongation. Le coefficient de proportionnalité est égal au carré de la pulsation.**

III-Oscillations libres et forcées, résonance

Un **système oscillant**

est le siège dune **énergie totale qui se conserve**.

Lorsque le système oscillant est idéal, c'est-à-dire sans perte d'énergie, l'oscillateur est un

Oscillateur harmonique

Les évolutions oscillantes libres sont des situations idéales, limitées par toute forme d'amortissement : frottements, résistances électriques …

Des dispositifs adaptés permettent de fournir l'énergie nécessaire pour compenser celle dissipée par ces amortissements. L'**excitateur** impose au **système oscillant** des

oscillations forcées.

Exemples :

Circuit électrique soumis à un générateur de tension sinusoïdale ;

Corde vibrante soumis à des vibrations entretenues (cordes d'un violon) ;

Sismographe : système mécanique oscillant soumis au mouvement de la plaque terrestre…

Il apparaît également que l'amplitude et la phase des oscillations dépendent de la fréquence des oscillations forcées.

Pour certaines fréquences, l'amplitude des oscillations forcées peut prendre une valeur maximale :

on dit alors qu'il y a **résonance**.

A cette fréquence, une grande partie de l'énergie fournie par l'excitateur est transféré au système oscillant.

Exemples :

Tuyaux sonores : l'air à l'intérieur soumis à une excitation pouvant se mettre sous la forme d'une superposition d'excitations sinusoïdales, entre en résonance pour certaines fréquences (notes musicales) permettant ainsi de produire un son de hauteur et de timbre particulier.

La fréquence de résonance est paramétrée par la hauteur du tuyau sonore.

Oscillations d'un système mécanique (masse+ressort, pont, …) : à la résonance l'amplitude atteinte peut entraîner la destruction.

Circuit RLC dans un récepteur radio : le paramétrage par la capacité d'un condensateur ou l'inductance d'une bobine, permet de « sélectionner » une fréquence de résonance correspondant à la porteuse de la station émettrice.

IV- Ondes sinusoïdales progressives

.

Une onde progressive est la propagation d'un ébranlement **sans transport de matière**. Cette propagation transporte de l'énergie.

Lorsqu'une onde se propage, chaque point du milieu de propagation subit après un certain **retard** (noté Δt ou τ), la même perturbation qu'un point qui le précède.

Pour une onde donnée, la vitesse de propagation ou **célérité**, caractérise le milieu de propagation.

Exemple :

- Onde de compression ; le son (figure 9) ;
- onde sinusoïdale le long d'une corde

L'**intensité** d'une onde représente la répartition de la puissance dans l'espace.

I : puissance par unité de surface ($W.m^{-2}$) ;

énergie interceptée par une cible de m^2 par unité de temps.

Une onde périodique sinusoïdale est dite :

monochromatique.

Elle est caractérisée par :

sa **période T** et sa **fréquence ν**.

De plus, au fur et à mesure que
la source reproduit périodiquement
son mouvement, ce dernier
se propage faisant ainsi apparaître
dans le milieu de propagation des
profils cycliques se propageant.

La longueur de ces cycles est
appelée :

<u>longueur d'onde</u> notée λ.

Elle représente encore la périodicité
spatiale de l'onde.

Pendant une période T, l'onde se
propage d'une longueur d'onde.
Nous pouvons en déduire :

$$v = \lambda / T$$

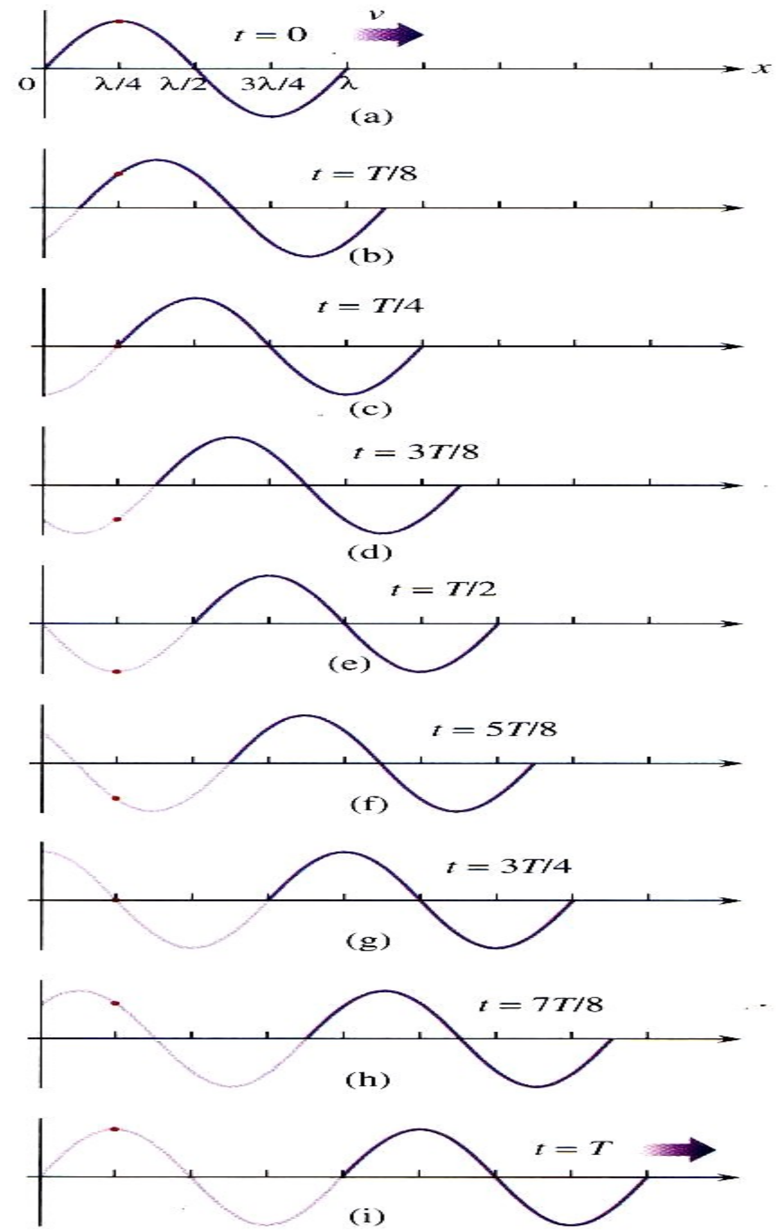
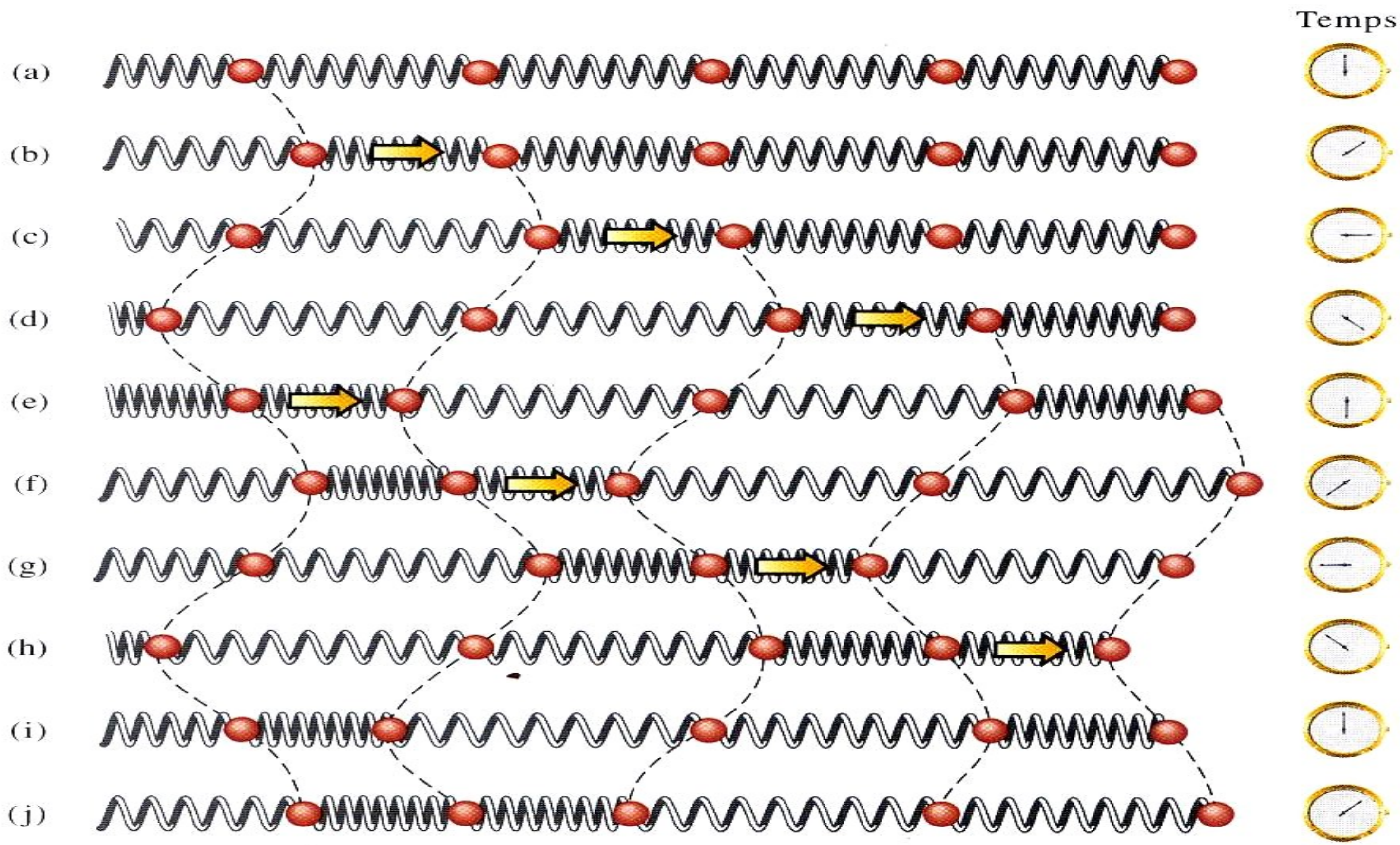


Figure 4 : onde de compression le long d'une chaîne de masses liées par des ressorts. L'ébranlement résultant se propage vers la droite en une série de compressions et d'étirements des ressorts qui se répète dans l'espace au bout d'une distance λ et dans le temps après une période T. Chaque masse oscille en un mouvement sinusoïdal



L'<u>**intensité**</u> d'une onde représente la répartition de la puissance dans l'espace.

I : puissance par unité de surface ($W.m^{-2}$) ;

énergie interceptée par une cible de 1 m^2 par unité de temps.