

## Annexes

## III I Types d'ondes usuelles

*On présente ici certains types d'ondes rencontrées par la suite. Cette liste n'est pas exhaustive.*

*Ce sont des exemples qui ne sont pas à connaître.*

## I.1 Ondes mécanique sur une corde vibrante

Une corde vibrante est une corde de masse linéique  $\mu_0$  tendue par une tension  $\vec{T}_0$  de norme  $T_0$  (les deux extrémités peuvent se mouvoir). On la suppose parfaitement horizontal au repos, ce qui revient à négliger la pesanteur. Chaque point de la corde peut vibrer dans le plan vertical. L'axe Ox est l'axe horizontal, les axes Oy et Oz sont les axes du plan de vibration. Pour simplifier, on supposera que la corde ne peut vibrer que dans la direction Oy (ce qui signifie que l'excitation n'est que dans le plan Oy).

Le mouvement d'un point de la corde tire sur le point suivant le mettant en mouvement : ainsi se propage l'onde.

## I.1.1 Description physique

- ★ **Système considéré** : Pour décrire le mouvement de la corde, on considère un petit morceau de corde autour d'un point M de la corde repéré par son abscisse x.
- ★ **Grandeur considérée** : On peut décrire l'état de la corde en décrivant l'état d'un point M plusieurs grandeurs par :
  - sa position transversale :  $y(x, t)$
  - sa vitesse de déplacement transversale :  $v_y(x, t)$
  - la tension de la corde en tout point :  $\vec{T}(x, t)$  (ici la force exercée par la partie à gauche de x sur la partie à droite de x).
- ★ **Célérité des ondes mécanique** : On peut montrer que (sous hypothèse)  $v_{onde} = \sqrt{\frac{T_0}{\mu_0}}$

## I.2 Ondes acoustiques

Une onde sonore est la propagation dans un milieu matériel (par exemple l'air) d'une surpression provoquant sur son passage une agitation locale du milieu. Considérons une tube dans lequel se trouve de l'air (on pourra par exemple assimiler cela à un instrument à vent). Une surpression causée en entrée va «pousser» une tranche de fluide (l'air), qui en s'agitant va induire une surpression sur la tranche de fluide suivant qui se met à son tour en mouvement et ainsi de suite : il se propage un son. Ce son arrive jusqu'à nos oreilles où jusqu'à un micro. La surpression qui s'est propagée fait alors vibrer une membrane (tympan ou capteur de pression).

### I.2.1 Description physique

- ★ **Système étudié** : On étudie le mouvement d'une tranche de fluide d'épaisseur  $dx$  autour d'une position  $x$ .
- ★ **Grandeur considéré (dans le cas d'un fluide)** :
  - la surpression engendrée :  $p(x, t)$ . La pression au point M est :  $P(x, t) = P_0 + p(x, t)$  où  $P_0$  est la pression du milieu au repos.
  - la vitesse de la portion de fluide :  $v(x, t)$  (pas de grandeur à ajouter car au repos, cette portion de fluide ne bouge évidemment pas).
  - la variation de masse volumique du fluide :  $\Delta\mu(x, t)$ .  $\mu(x, t) = \mu_0 + \Delta\mu(x, t)$  ( $\mu_0$  est la masse volumique du fluide au repos).
- ★ **Intensité acoustique** : On définit l'intensité acoustique instantanée  $I(x, t)$  d'une onde sonore comme la puissance transportée par l'onde dans une direction donnée par unité de surface.
  - On peut montrer que l'intensité acoustique instantanée dans la direction de propagation du son est  $I(x, t) = p(x, t)v(x, t)$ <sup>1</sup>.
  - L'intensité acoustique est la valeur moyenne de l'intensité acoustique instantanée.
  - Le niveau d'intensité sonore est défini par  $L = 10 \log(I/I_0)$  exprimé en dB où  $I_0 = 10^{-12}$  SI

## I.3 Ondes électromagnétiques

Dans une approche classique de la lumière, celle-ci est une onde électromagnétique. La propagation d'une onde électromagnétique correspond à la propagation d'une variation des champs électriques  $\vec{E}(M, t)$  et magnétique  $\vec{B}(M, t)$  en tout point du trajet de l'onde. Les variations spatiales et temporelles des ces deux grandeurs sont corrélées par des équations (les équations de Maxwell). Ces relations permettent de propager ces variations de proche en proche : une onde électromagnétique se propage.

### I.3.1 Description physique

- ★ Le système étudié est une portion d'espace. Comme précisé précédemment, les grandeurs qui décrivent l'onde seront le champ électrique et magnétique en chaque point. On remarque qu'il s'agit de **champs vectoriels**. L'orientation du champ électrique est notamment extrêmement importante.
- ★ Dans le vide, les ondes électromagnétiques se propage à la vitesse  $c = 299792458 \text{ m.s}^{-1}$ .
- ★ **Considérations énergétiques** : Energie propagée : L'étude de l'énergie propagée par une onde électromagnétique est un peu complexe. On peut retenir que :
  - On traite en général l'éclairement énergétique  $I$  qui correspond à l'énergie transportée par le rayonnement électromagnétique par unité de surface (on pourra faire le parallèle avec les cas précédents).
  - La sensation de luminosité perçue par notre oeil est en rapport avec l'éclairement.
  - Pour une onde monochromatique progressive, l'éclairement est proportionnel au carré du module du champ électrique  $I \approx \frac{c\epsilon}{2} |E^2|$ . Le coefficient de proportionnalité n'est pas à connaître. Un rapide calcul montre que les fréquences associées au rayonnement visible sont de l'ordre de  $10^{14}$  Hz. Cela montre que notre oeil n'est pas sensible à l'éclairement instantané mais à la

1. Travail d'une action mécanique.

valeur moyenne de l'éclairement. **C'est pourquoi, on définit directement l'éclairement énergétique comme une grandeur proportionnelle à la valeur moyenne du champ électrique au carré.**  $I \propto \langle E^2 \rangle$

## I.4 Ondes à la surface d'un fluide

La surface d'un fluide (l'eau), peut être excitée par exemple par le vent, donnant naissance à la houle. Ce phénomène correspond à la propagation d'une onde à la surface du fluide. En effet, il se produit alors une montée d'eau en une position. La conservation de la masse et la variation de pression dans la colonne d'eau induit alors une variation de hauteur d'eau dans la colonne d'eau suivante et ainsi de suite se propage une onde de surface.

**Grandeurs observées :** En un point du passage de l'onde, on peut définir la hauteur de la surface du fluide à un instant  $t$  :  $z(x, t)$ . Il existe d'autres grandeurs décrivant le passage de l'onde mais nous nous limitons ici à cette grandeur qui suffit à décrire l'onde à chaque instant.

## I.5 Ondes électriques

Quand en un point du circuit, on modifie le potentiel ou l'intensité (exemple : on allume le circuit), la variation locale d'intensité/de potentiel va se propager de proche en proche tout au long du circuit : une onde électrique se propage dans le circuit. **C'est cette onde que l'onde néglige quand on se place dans l'ARQS<sup>2</sup>.**

**Description physique :** Le système étudié est une portion de circuit et sa modélisation électrique et les grandeurs utilisées sont bien entendu le potentiel électrique et l'intensité.

---

2. Plus exactement, on la suppose de célérité infinie.