

ONDES MÉCANIQUES

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

ONDES MÉCANIQUES

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

On appelle onde la propagation dans l'espace, au fil du temps, de la variation d'une grandeur physique. Elle intervient de proche en proche à cause du couplage entre points voisins. Exemples : vagues.

I. Mise en équation de quelques phénomènes

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

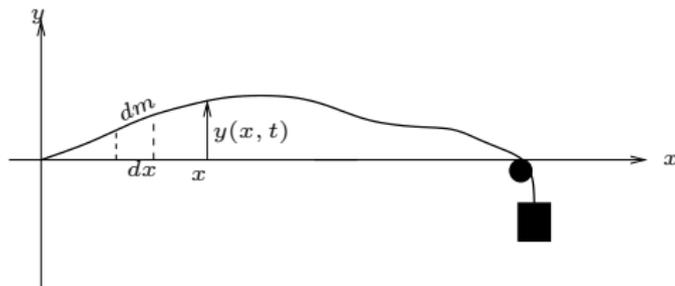
III. Étude de
mouvements
particuliers

1. Ondes transversales dans une corde tendue

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue

a) Hypothèses



I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

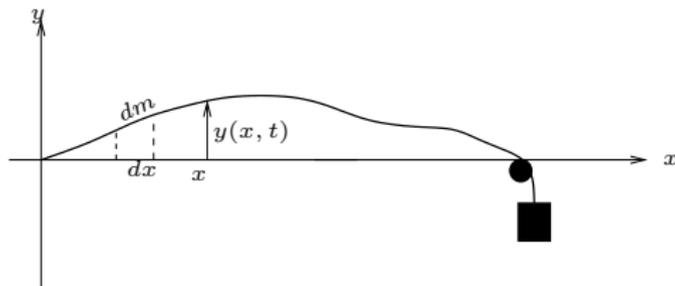
II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

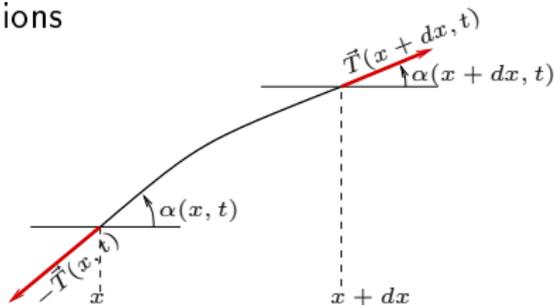
I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue

a) Hypothèses



b) Mise en équations



I. Mise en
 équation de
 quelques
 phénomènes

II. Équation de
 d'Alembert

III. Étude de
 mouvements
 particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique

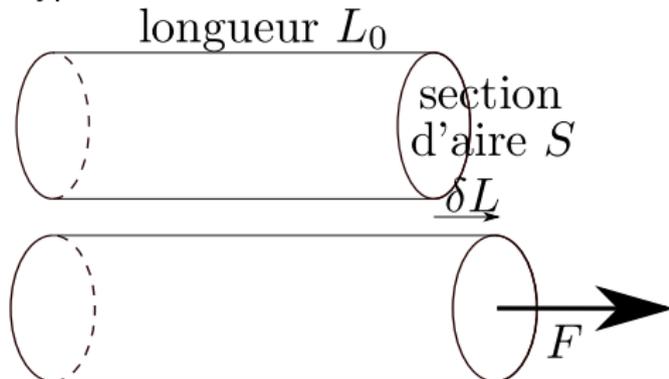
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
 - a) Hypothèses



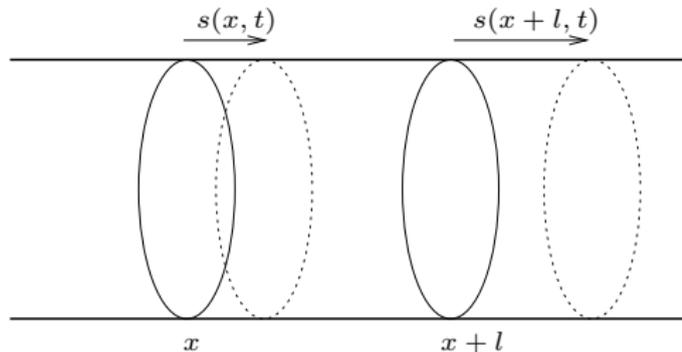
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
 - a) Hypothèses
 - b) Mise en équations



I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés

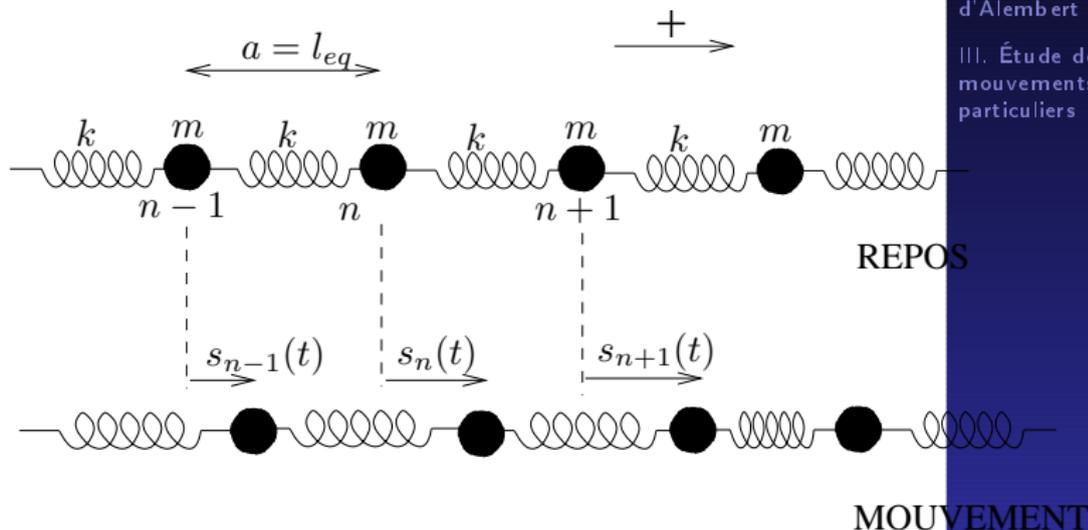
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
 - a) Hypothèses



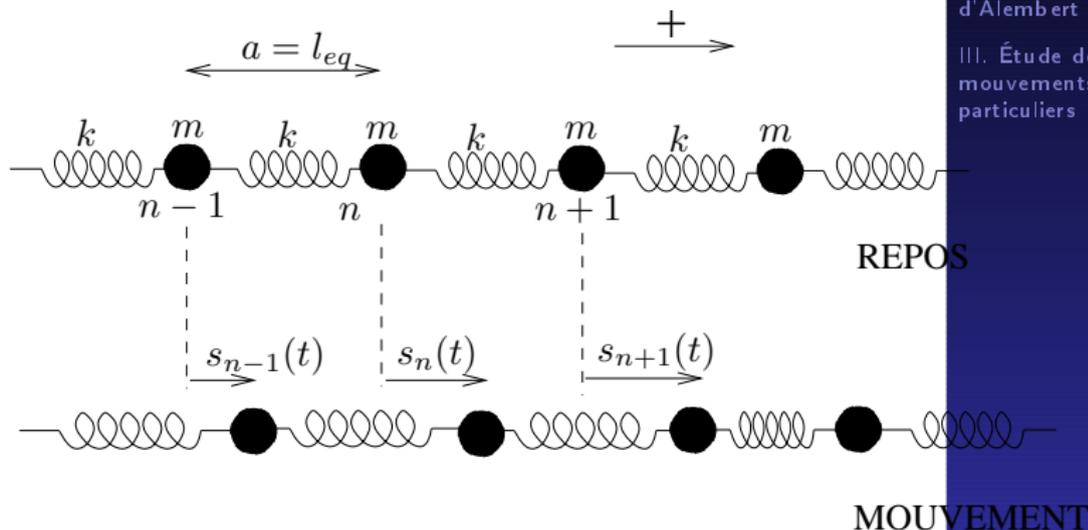
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
 - a) Hypothèses



- b) Mise en équations

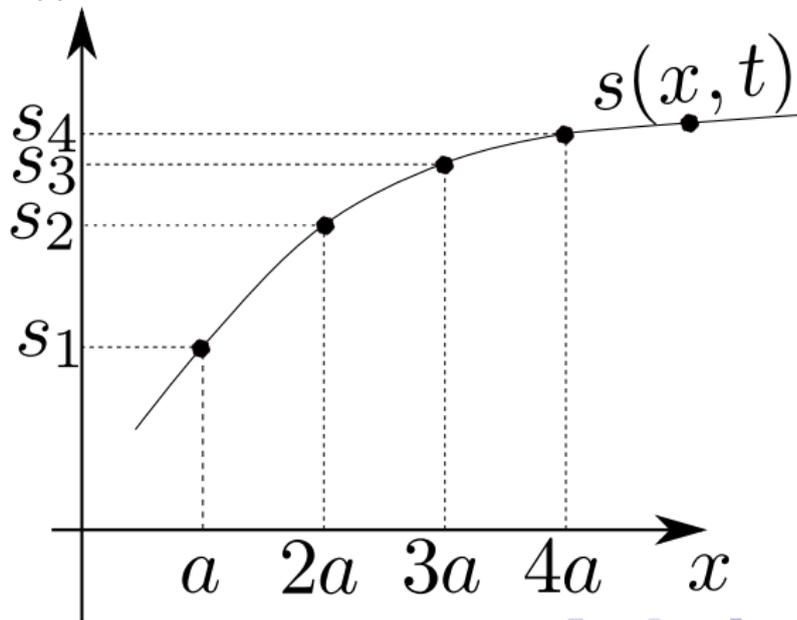
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
 - a) Hypothèses
 - b) Mise en équations
 - c) Approximation des milieux continus



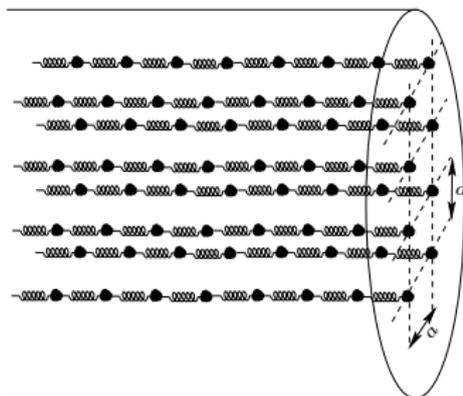
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
 - a) Hypothèses
 - b) Mise en équations
 - c) Approximation des milieux continus
 - d) Lien avec les ondes dans un barreau élastique



I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
4. Signaux électriques dans une ligne bifilaire

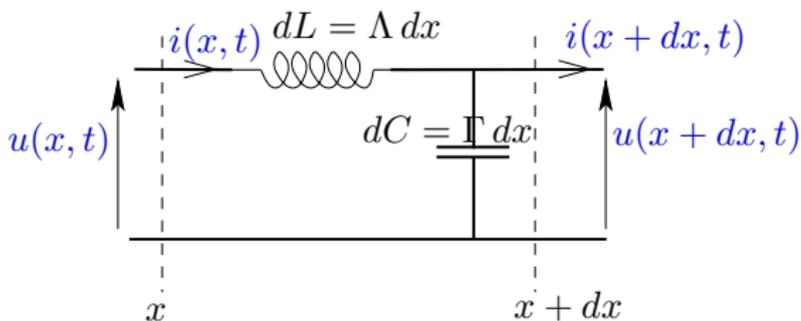
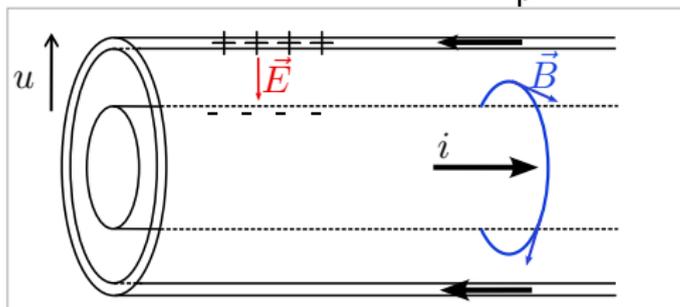
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
4. Signaux électriques dans une ligne bifilaire
 - a) Hypothèses et modèles à constantes réparties



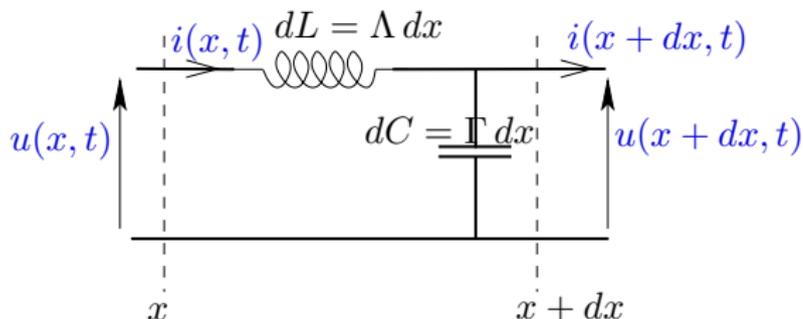
I. Mise en
 équation de
 quelques
 phénomènes

II. Équation de
 d'Alembert

III. Étude de
 mouvements
 particuliers

I. Mise en équation de quelques phénomènes

1. Ondes transversales dans une corde tendue
2. Vibrations longitudinales d'une tige élastique
3. Chaîne d'oscillateurs couplés
4. Signaux électriques dans une ligne bifilaire
 - a) Hypothèses et modèles à constantes réparties



b) Mise en équations

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

a) Solution générale de l'équation de d'Alembert

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

- a) Solution générale de l'équation de d'Alembert
- b) Interprétation

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

- a) Solution générale de l'équation de d'Alembert
- b) Interprétation
animation [▶ onde_progressive.gif](#)

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)

a) Définition et propriétés

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)

a) Définition et propriétés

b) Visualisation [▶ onde_progressive_harmonique.gif](#)

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives
3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)
4. Ondes stationnaires

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives
3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)
4. Ondes stationnaires
 - a) Définition

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)

4. Ondes stationnaires

a) Définition

b) Visualisation

▶ Image statique

ou animation

▶ ondestat.gif

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

II. Équation de d'Alembert

1. Identification de la célérité

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$$

2. Ondes progressives

3. Ondes progressives harmoniques (ou monochromatiques)

4. Ondes stationnaires

a) Définition

b) Visualisation

▶ [Image statique](#) ou animation ▶ [ondestat.gif](#)

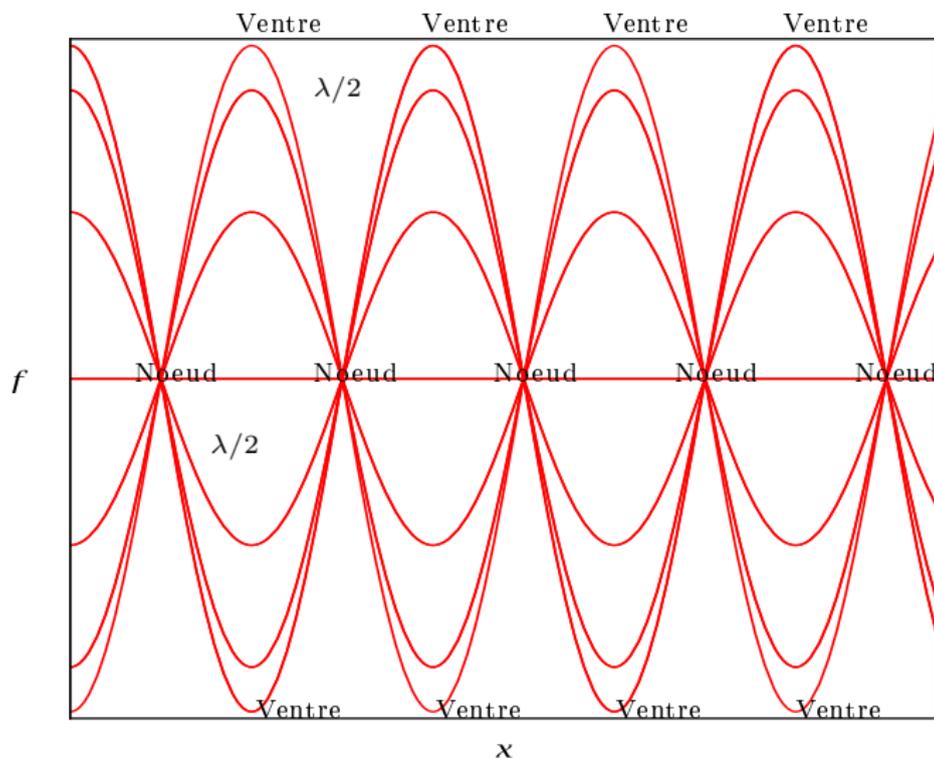
c) Lien avec les ondes progressives harmoniques

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

Représentation d'une onde stationnaire



I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

retour au plan

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée

voir l'animation [▶ corde_infinie_pincee.gif](#)

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée

voir l'animation [▶ corde_infinie_pincee.gif](#)

2. Réflexion d'une OP sur un nœud

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée

voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)

2. Réflexion d'une OP sur un nœud

animation ▶ [reflexionOP.gif](#)

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée
voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)
2. Réflexion d'une OP sur un nœud
animation ▶ [reflexionOP.gif](#)
3. Réflexion d'un OPH sur un nœud

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée
voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)
2. Réflexion d'une OP sur un nœud
animation ▶ [reflexionOP.gif](#)
3. Réflexion d'un OPH sur un nœud
4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée
voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)
2. Réflexion d'une OP sur un nœud
animation ▶ [reflexionOP.gif](#)
3. Réflexion d'un OPH sur un nœud
4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée
voir l'animation [▶ corde_infinie_pincee.gif](#)
2. Réflexion d'une OP sur un nœud
animation [▶ reflexionOP.gif](#)
3. Réflexion d'un OPH sur un nœud
4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités
[▶ illustration par ici](#)

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée
voir l'animation [▶ corde_infinie_pincee.gif](#)
2. Réflexion d'une OP sur un nœud
animation [▶ reflexionOP.gif](#)
3. Réflexion d'un OPH sur un nœud
4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités
[▶ illustration par ici](#)
5. Étude d'un mouvement quelconque grâce aux modes propres

I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée

voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)

2. Réflexion d'une OP sur un nœud

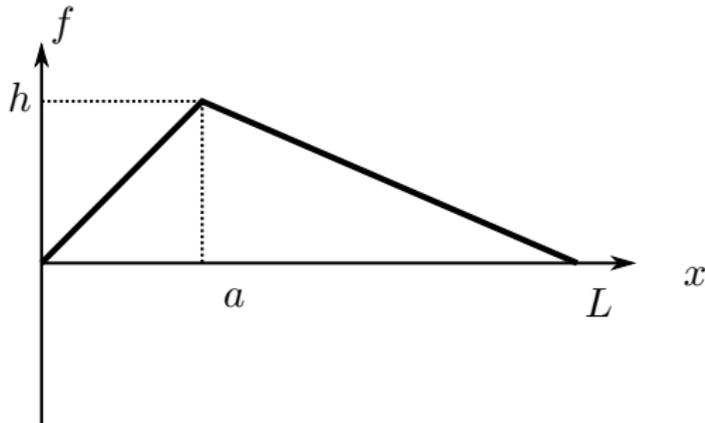
animation ▶ [reflexionOP.gif](#)

3. Réflexion d'un OPH sur un nœud

4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités

▶ [illustration par ici](#)

5. Étude d'un mouvement quelconque grâce aux modes propres



I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée

voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)

2. Réflexion d'une OP sur un nœud

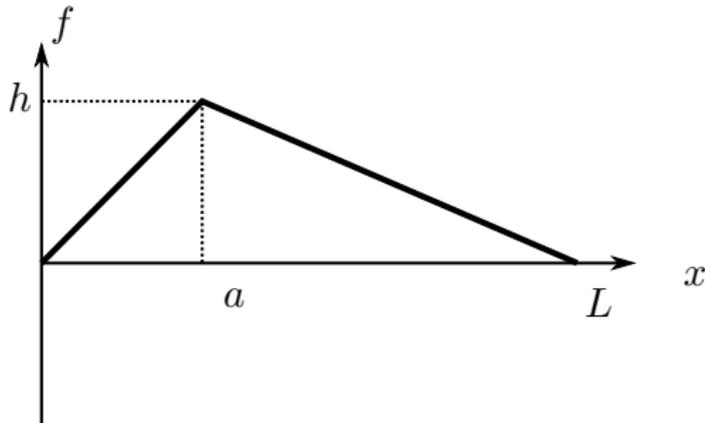
animation ▶ [reflexionOP.gif](#)

3. Réflexion d'un OPH sur un nœud

4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités

▶ [illustration par ici](#)

5. Étude d'un mouvement quelconque grâce aux modes propres



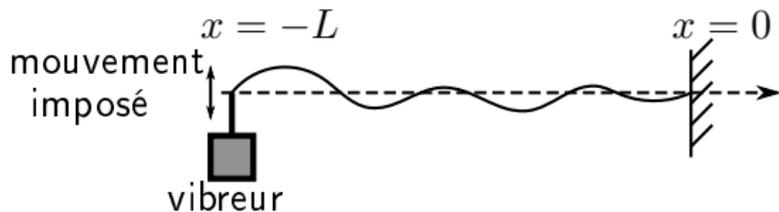
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

III. Étude de mouvements particuliers

1. Corde infinie pincée
voir l'animation ▶ [corde_infinie_pincee.gif](#)
2. Réflexion d'une OP sur un nœud
animation ▶ [reflexionOP.gif](#)
3. Réflexion d'un OPH sur un nœud
4. Modes propres d'une corde fixée aux deux extrémités
▶ [illustration par ici](#)
5. Étude d'un mouvement quelconque grâce aux modes propres
6. Oscillations forcées d'une corde fixée à une extrémité



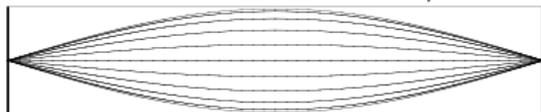
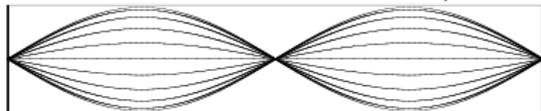
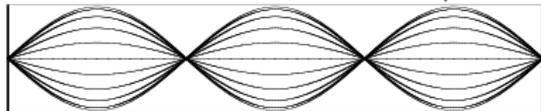
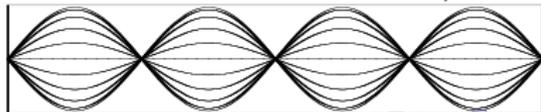
I. Mise en
équation de
quelques
phénomènes

II. Équation de
d'Alembert

III. Étude de
mouvements
particuliers

Représentation des modes propres

retour au plan

Mode $n = 1$, $L = \lambda/2$ Mode $n = 2$, $L = 2 \lambda/2$ Mode $n = 3$, $L = 3 \lambda/2$ Mode $n = 4$, $L = 4 \lambda/2$ I. Mise en
équation de
quelques
phénomènesII. Équation de
d'AlembertIII. Étude de
mouvements
particuliers