

Acoustique dans les fluides

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

$f < 20 \text{ Hz}$ infrasons

$20 \text{ Hz} \leq f \leq 20 \text{ kHz}$ audible

$f > 20 \text{ kHz}$ ultrasons

I. Propriétés générales des ondes sonores

Acoustique dans
les fluides

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés générales des ondes sonores

1. Approximation acoustique

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés générales des ondes sonores

1. Approximation acoustique

$$\rho(M, t) = \rho_0 + \delta\rho(M, t) \quad \text{avec} \quad \delta\rho \ll \rho_0$$

$$P(M, t) = P_0 + p(M, t) \quad \text{avec} \quad p \ll P_0$$

$$v(\vec{M}, t) = \vec{0} + \vec{v}(M, t) \quad \text{avec} \quad v \ll ?$$

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés générales des ondes sonores

1. Approximation acoustique
2. Hypothèse thermodynamique

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés générales des ondes sonores

1. Approximation acoustique
2. Hypothèse thermodynamique
3. Équation de d'Alembert pour $p(M, t)$

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés générales des ondes sonores

1. Approximation acoustique
2. Hypothèse thermodynamique
3. Équation de d'Alembert pour $p(M, t)$
4. Valeurs numériques de c

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés générales des ondes sonores

1. Approximation acoustique
2. Hypothèse thermodynamique
3. Équation de d'Alembert pour $p(M, t)$
4. Valeurs numériques de c
5. Validation des hypothèses

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

II. Structure des ondes planes progressives harmoniques

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

**II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques**

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

II. Structure des ondes planes progressives harmoniques

1. Onde plane progressive harmonique

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

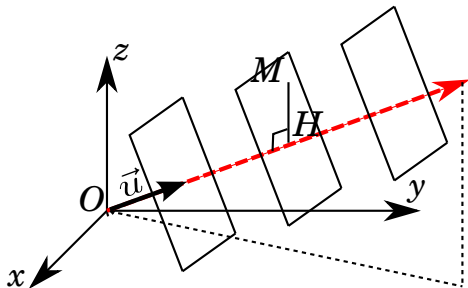
IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

II. Structure des ondes planes progressives harmoniques

1. Onde plane progressive harmonique



2. Caractère longitudinale des OPPH, impédance acoustique

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

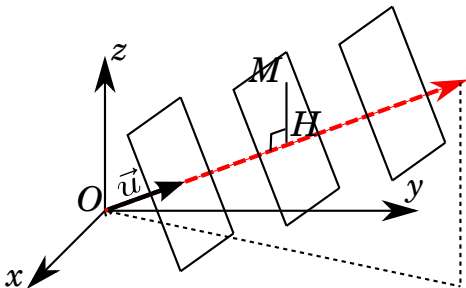
IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

II. Structure des ondes planes progressives harmoniques

1. Onde plane progressive harmonique



2. Caractère longitudinale des OPPH, impédance acoustique
3. Notation complexe pour les OPPH

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

III. Aspect énergétique

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. **Aspect
énergétique**

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

III. Aspect énergétique

1. Localisation et transport de l'énergie acoustique

Là où règne l'onde acoustique réside de l'énergie avec la densité volumique

$$e = e_c + u \quad (\text{J.m}^{-3}) \quad \text{avec} \quad \boxed{u = \frac{1}{2}\chi_s p^2 \quad e_c = \frac{1}{2}\rho_0 v^2}$$

Le premier terme représente l'énergie cinétique des particules fluides et le second un accroissement de leur énergie interne lié à leur compression. L'énergie contenue dans un volume \mathcal{V} est $\mathcal{E} = \int_{\mathcal{V}} e d\tau$.

Le transport de l'énergie est décrit par le vecteur de Poynting

$$\boxed{\vec{R} = p\vec{v} \quad (\text{W.m}^{-2})}$$

La puissance traversant une surface \mathcal{S} est $\mathcal{P} = \int_{\mathcal{S}} \vec{R} \cdot d\vec{S}$.

I. Propriétés
générales des
ondes sonoresII. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniquesIII. Aspect
énergétiqueIV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

III. Aspect énergétique

1. Localisation et transport de l'énergie acoustique
2. Cas d'un OPPH

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

III. Aspect énergétique

1. Localisation et transport de l'énergie acoustique
2. Cas d'un OPPH
3. Intensité sonore et décibels

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

III. Aspect énergétique

1. Localisation et transport de l'énergie acoustique
2. Cas d'un OPPH
3. Intensité sonore et décibels
4. Valeurs numériques

	Intensité W.m^{-2}	Niveau sonore dB	pression $p_1(\text{Pa})$	vitesse $v_1 (\text{m.s}^{-1})$
seuil d'audition	10^{-12}	0	3.10^{-5}	7.10^{-8}
chuchotement	10^{-10}	20	3.10^{-4}	7.10^{-7}
forêt	10^{-8}	40	3.10^{-3}	7.10^{-6}
conversation	10^{-6}	60	3.10^{-2}	7.10^{-5}
cris	10^{-4}	80	3.10^{-1}	7.10^{-4}
marteau piqueur	10^{-2}	100	3	7.10^{-3}
seuil de douleur	1	120	30	7.10^{-2}

I. Propriétés
générales des
ondes sonoresII. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniquesIII. Aspect
énergétiqueIV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

IV. Ondes sphériques

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

**IV. Ondes
sphériques**

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

IV. Ondes sphériques

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

**IV. Ondes
sphériques**

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

1. Forme de l'onde sphérique harmonique

IV. Ondes sphériques

1. Forme de l'onde sphérique harmonique
2. Champ de vitesse

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

**IV. Ondes
sphériques**

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

IV. Ondes sphériques

1. Forme de l'onde sphérique harmonique
2. Champ de vitesse
3. Puissance rayonnée

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

**IV. Ondes
sphériques**

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

V. Effet Doppler

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

1. Source au repos et récepteur en mouvement

V. Effet Doppler

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

1. Source au repos et récepteur en mouvement
2. Source en mouvement et récepteur au repos

VI. Passage d'une interface en incidence normale

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

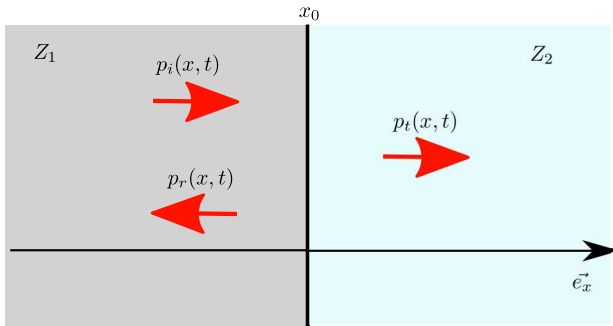
IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

**VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale**

VI. Passage d'une interface en incidence normale

1. Conditions de passage à l'interface



I. Propriétés générales des ondes sonores

II. Structure des ondes planes progressives harmoniques

III. Aspect énergétique

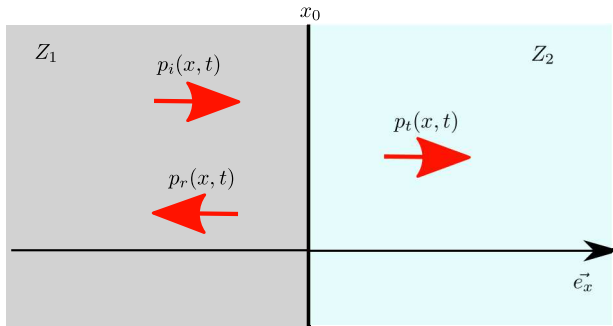
IV. Ondes sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage d'une interface en incidence normale

VI. Passage d'une interface en incidence normale

1. Conditions de passage à l'interface



2. Coefficients de réflexion et transmission

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

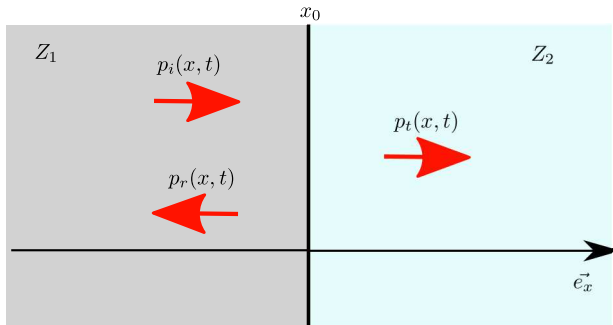
IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

VI. Passage d'une interface en incidence normale

1. Conditions de passage à l'interface



2. Coefficients de réflexion et transmission

3. Réflexion et transmission de l'intensité sonore

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

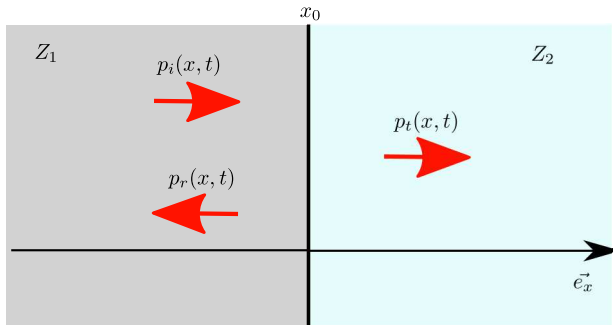
IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

VI. Passage d'une interface en incidence normale

1. Conditions de passage à l'interface



2. Coefficients de réflexion et transmission

3. Réflexion et transmission de l'intensité sonore

4. Cas particuliers et applications

I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

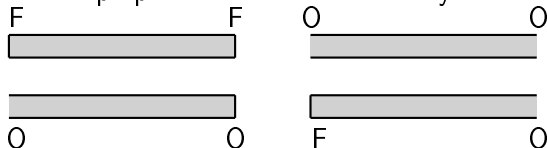
IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale

VI. Passage d'une interface en incidence normale

1. Conditions de passage à l'interface
2. Coefficients de réflexion et transmission
3. Réflexion et transmission de l'intensité sonore
4. Cas particuliers et applications
5. Modes propres et résonance d'un tuyau sonore



I. Propriétés
générales des
ondes sonores

II. Structure des
ondes planes
progressives
harmoniques

III. Aspect
énergétique

IV. Ondes
sphériques

V. Effet Doppler

VI. Passage
d'une interface
en incidence
normale