

Cycle d'Hiver (Février – Mars 2022)

# “La Physique de la Musique”

H. Bulou

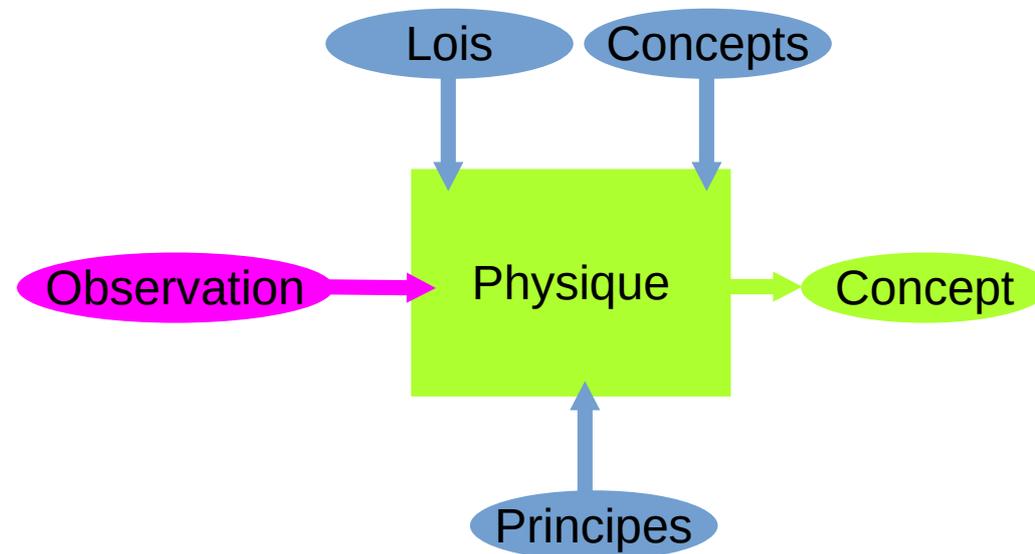
**Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg  
(IPCMS)**

# Résumé des épisodes précédents

## Résumé des épisodes précédents

### Définition de la Physique

- Une démarche composée de trois étapes
  - Observer un phénomène naturel
  - Faire des hypothèses pour l'expliquer
  - Expérimenter pour valider ou invalider les hypothèses



# Résumé des épisodes précédents

Qu'est ce qu'un Principe en Physique ?

## • Principe en Physique

- loi physique qu'aucune expérience n'a invalidée jusque-là bien qu'elle n'ait pas été démontrée

*Exemple : Principe de relativité galiléen*

Lorsque deux référentiels sont en mouvement uniforme l'un/l'autre, aucune expérience de mécanique ne permet de distinguer le mouvement rectiligne uniforme du repos "absolu".



Les lois de la physique sont les mêmes pour tous les référentiels Galiléens.

*Expérience des deux trains*



*Référentiel Galiléen (ou inertielle) : des observateurs placés dans des référentiels Galiléens différents se déplacent à vitesse constante les uns par rapport aux autres.*

# Résumé des épisodes précédents

QU'est ce qu'un Principe en Physique ?

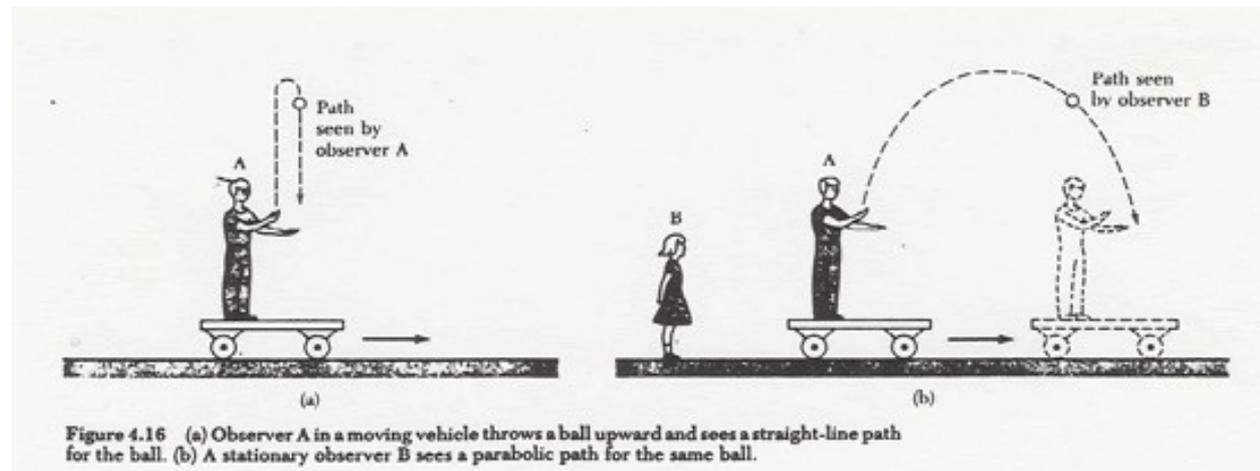
## • Principe en Physique

- loi physique qu'aucune expérience n'a invalidée jusque-là bien qu'elle n'ait pas été démontrée

### Exemple : Principe de relativité galiléen

Conséquence : Les lois de la physique sont les mêmes pour tous les référentiels Galiléens.

Référentiel Galiléen (ou inertiel) : des observateurs placés dans des référentiels Galiléens différents se déplacent à vitesse constante les uns par rapport aux autres.



# Résumé des épisodes précédents

Qu'est ce qu'un Principe en Physique ?

## • Principe en Physique

- loi physique qu'aucune expérience n'a invalidée jusque-là bien qu'elle n'ait pas été démontrée

***Exemple*** : *Principe de relativité galiléen*

Conséquence : Les lois de la physique sont les mêmes pour tous les référentiels Galiléens.



Du point de vue d'un observateur extérieur



Du point de vue du marcheur



# Résumé des épisodes précédents

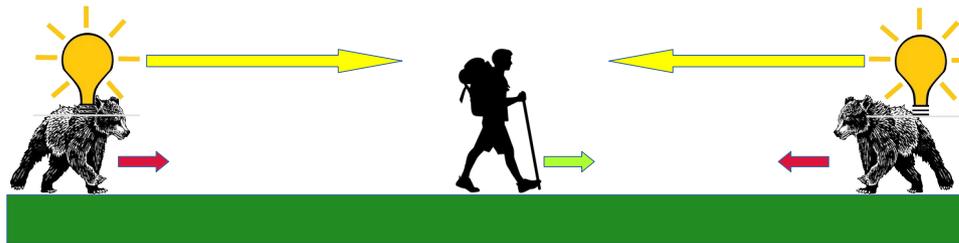
Qu'est ce qu'un Principe en Physique ?

## • Principe en Physique

- loi physique qu'aucune expérience n'a invalidée jusque-là bien qu'elle n'ait pas été démontrée

**Exemple** : principe de la relativité restreinte (Einstein, 1905)

- Tous les référentiels galiléens sont équivalents pour exprimer les lois de la nature (principe de relativité galiléen)
- La lumière se propage dans le vide en ligne droite à la vitesse constante d'environ 300 000 km/s quel que soit le référentiel galiléen considéré



Du point de vue d'un observateur extérieur



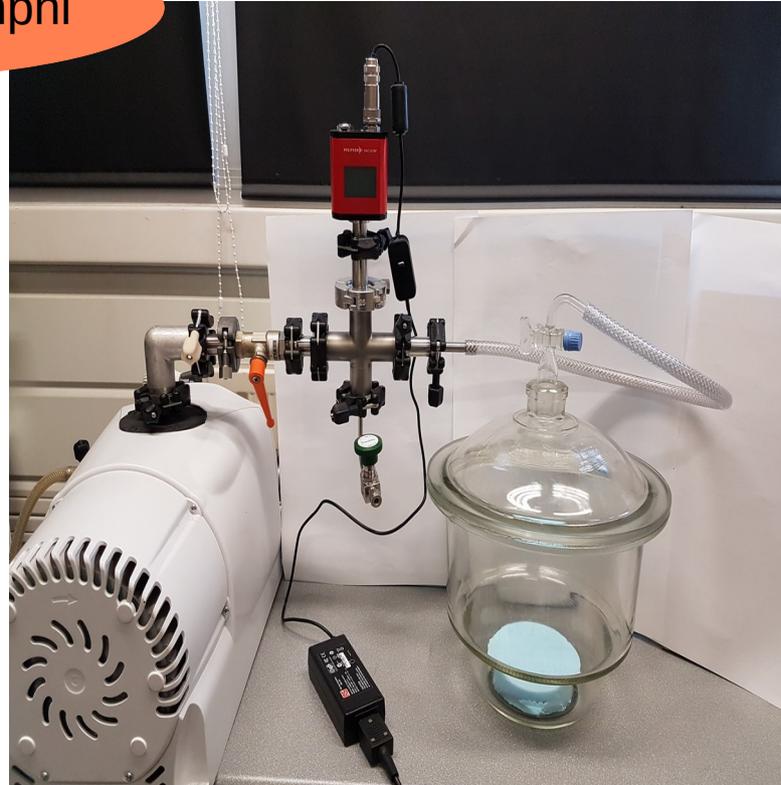
Du point de vue du marcheur

# Résumé des épisodes précédents

## Résumé des épisodes précédents

- **Définir ce qu'est le son**
  - Nécessite un support matériel (fluide, solide) pour se propager

Expérience d'amphi



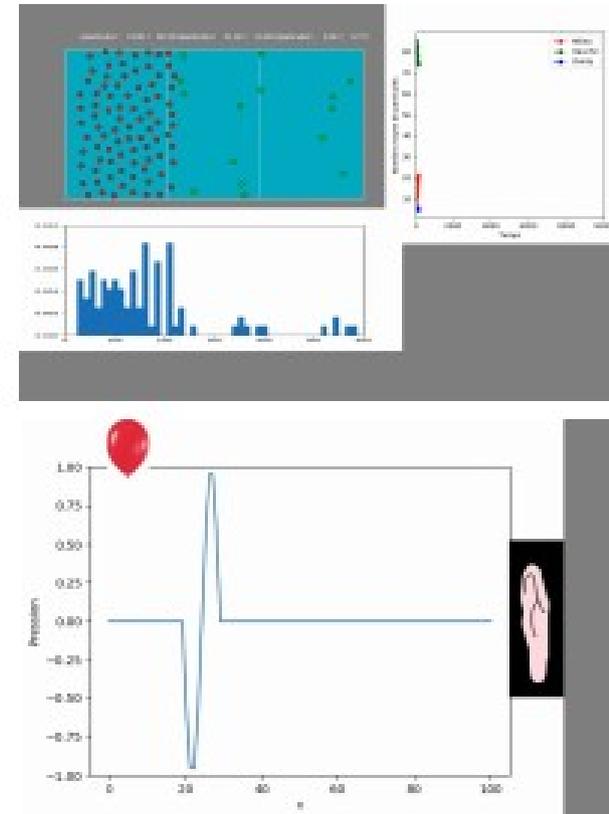
# Résumé des épisodes précédents

## Résumé des épisodes précédents

### • Le son

- Nécessite un support matériel (fluide, solide) pour se propager
- Dans l'air (gaz), le son résulte d'une perturbation locale de la densité de molécule composant le gaz

Expérience d'amphi



# Résumé des épisodes précédents

## Résumé des épisodes précédents

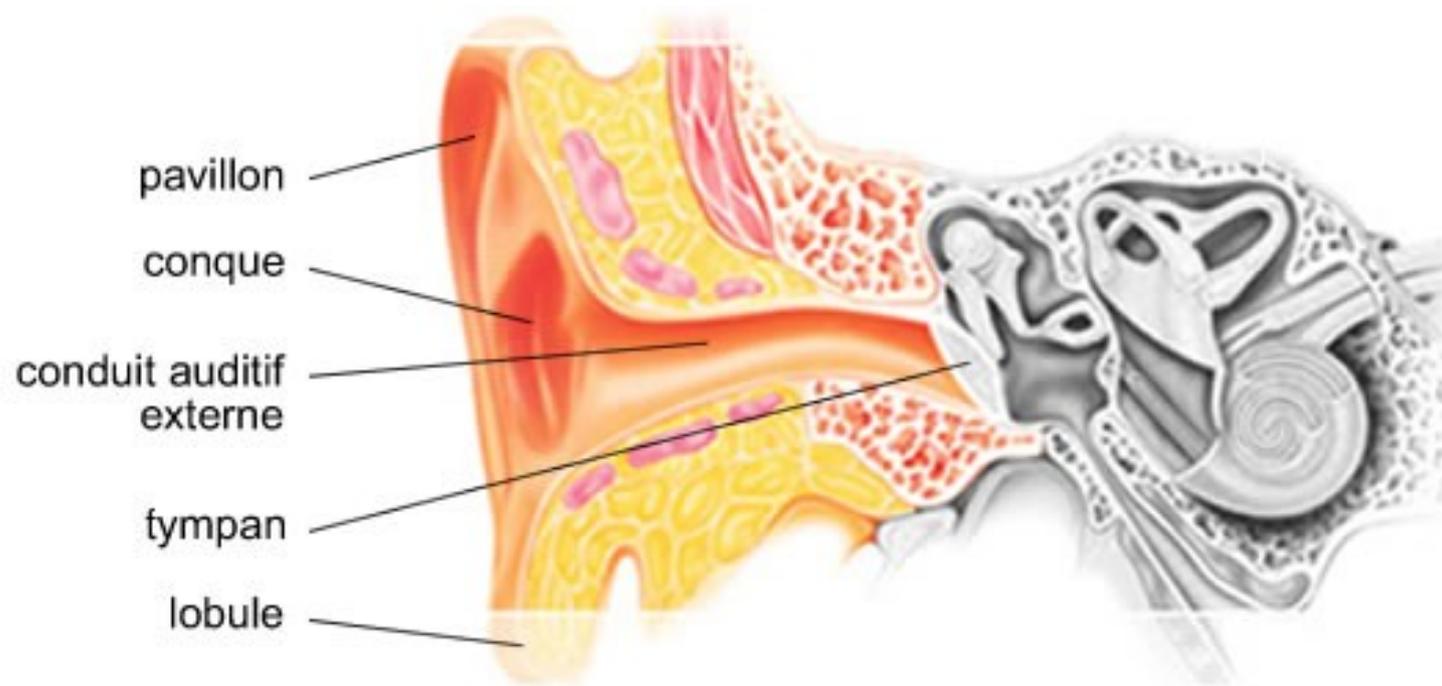
- **Le son**

- Nécessite un support matériel (fluide, solide) pour se propager
- Dans l'air (gaz), le son résulte d'une perturbation locale de la densité de molécule composant le gaz, d'une surpression se propageant dans l'espace et le temps
- Pour les sons habituels, les surpressions n'excèdent pas 20 Pa

# Mécanismes de l'audition

## L'oreille

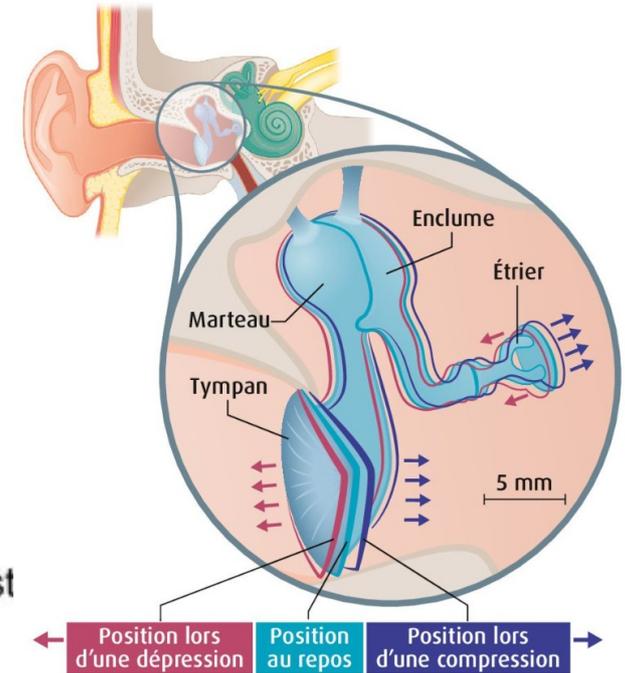
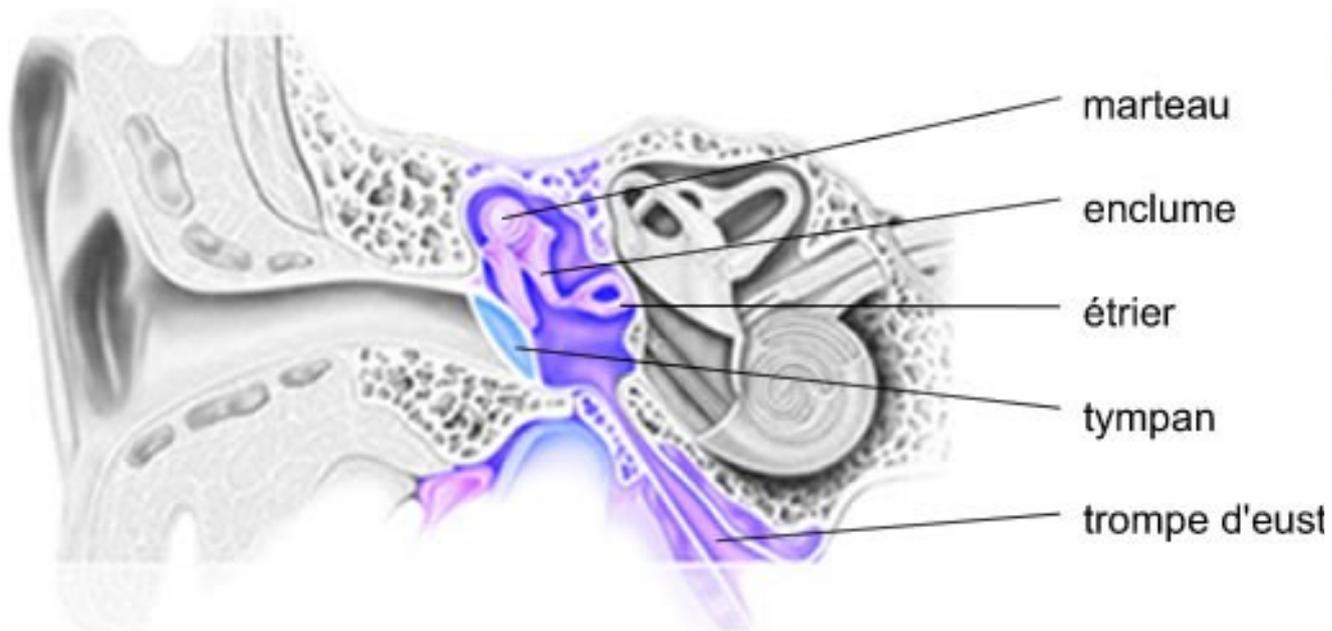
**Oreille externe** : Recueille, rassemble et dirige les sons vers le conduit auditif



# Mécanismes de l'audition

## L'oreille

**Oreille moyenne** : amplifie et transforme les vibrations “aériennes” en vibrations “soliennes”



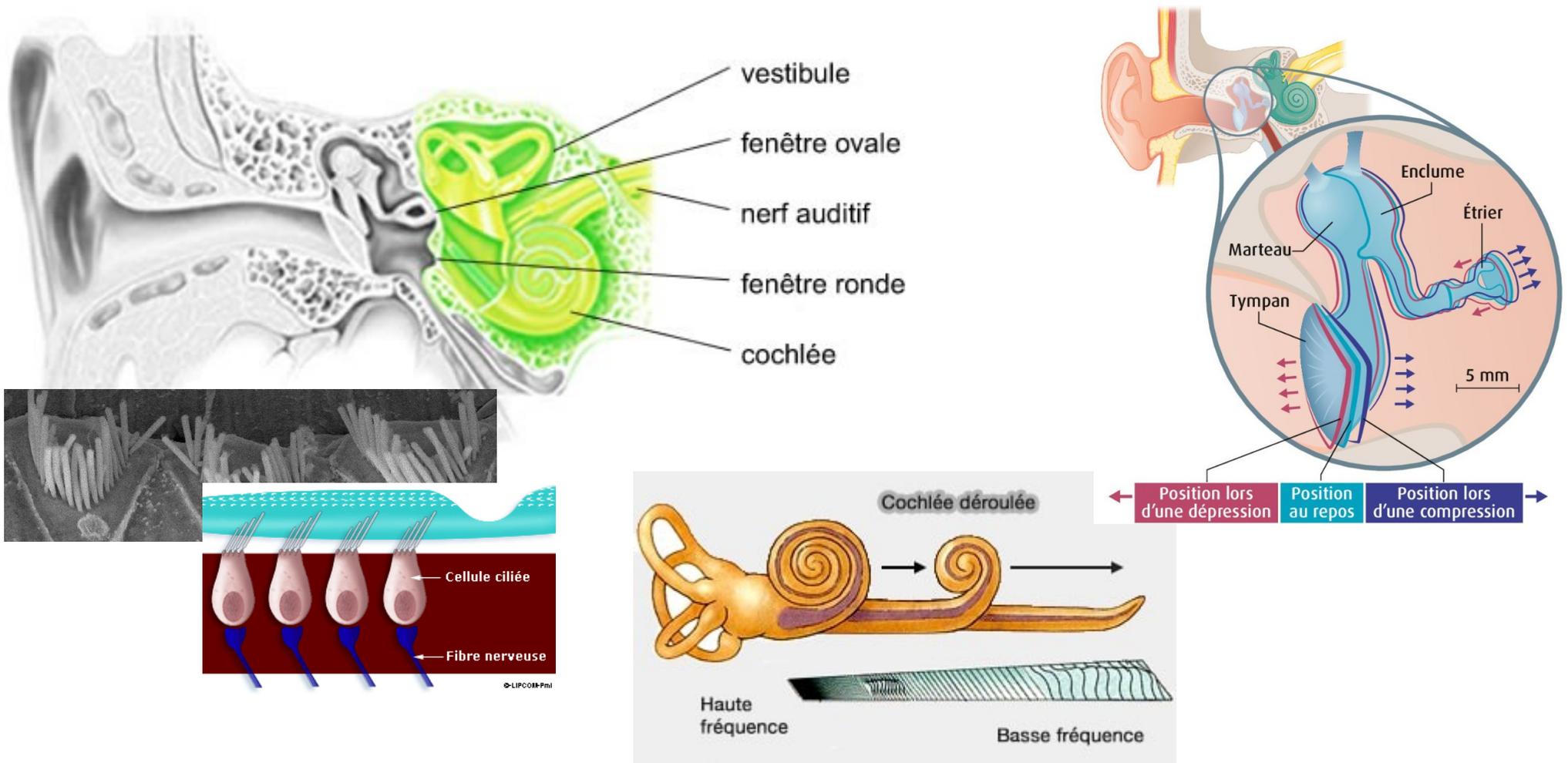
Pour les sons habituels, les surpressions n'excèdent pas 20 Pa (masse de 2 kg répartie sur 1 m<sup>2</sup>) ↔ déplacement de 10 μm  
le seuil d'audibilité se situe à 2 10<sup>-5</sup> Pa ↔ déplacement de 10<sup>-11</sup> m

Pour info : Pression atmosphérique : 101325 Pa

# Mécanismes de l'audition

## L'oreille

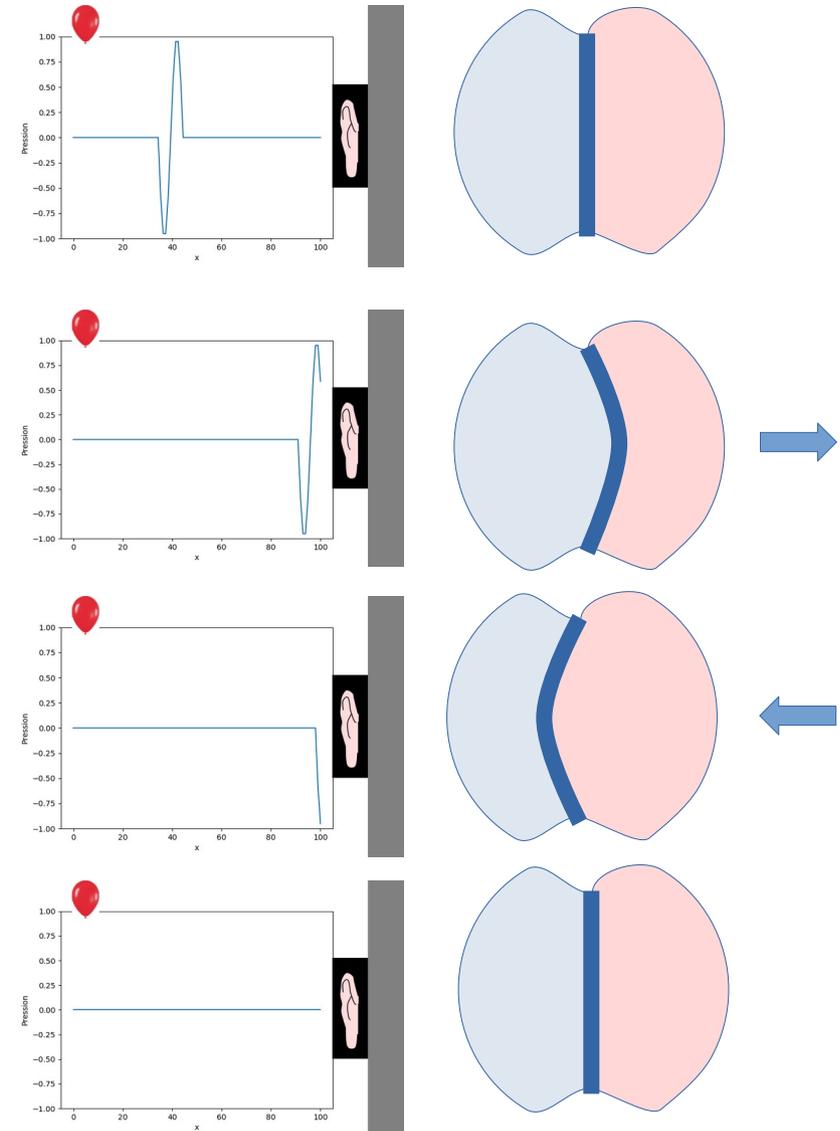
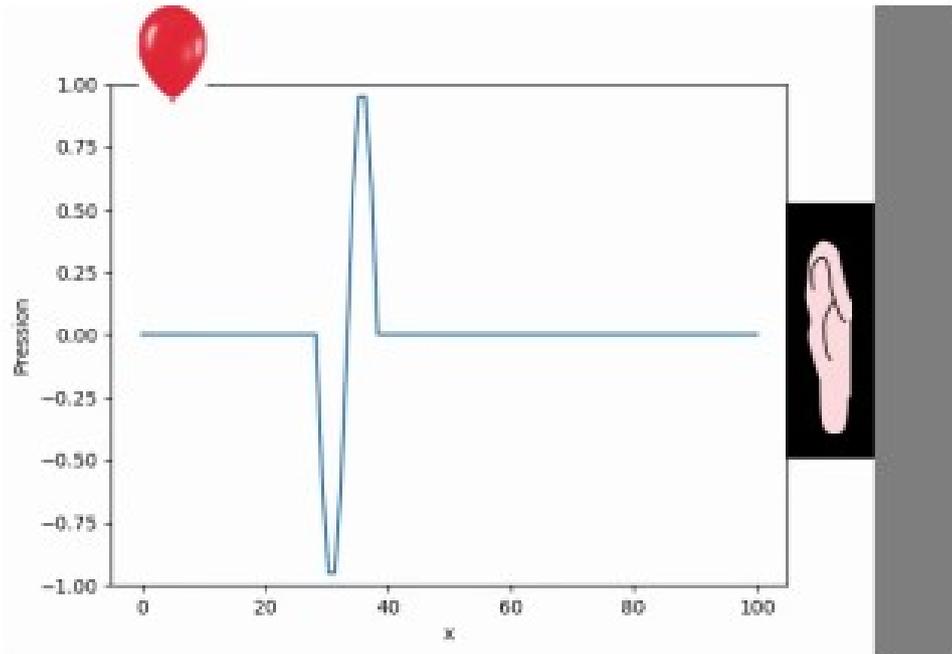
**Oreille interne :** Transduction → conversion du signal acoustique en signal électrique



# Perception de la durée des sons

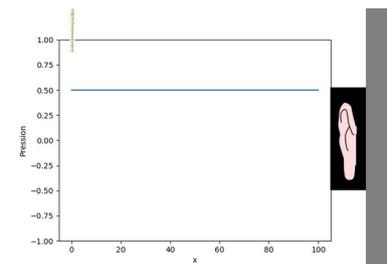
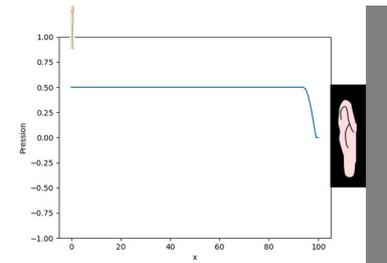
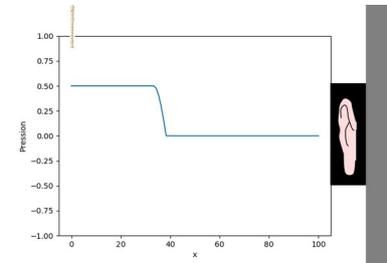
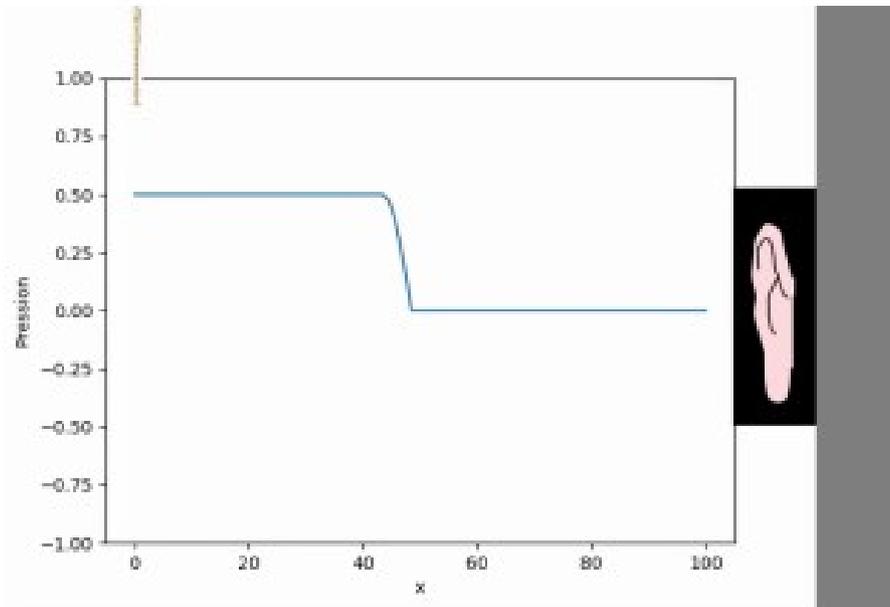
## Sons brefs

- Sons brefs (Tonnerre, porte qui claque, ballon qui éclate, etc)

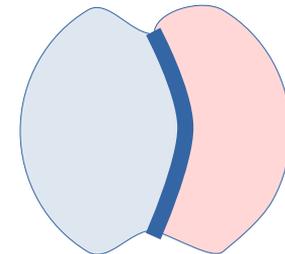
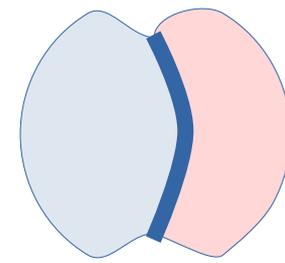
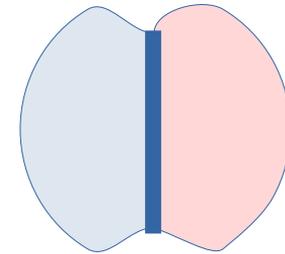


# Perception de la durée des sons

## Sons longs

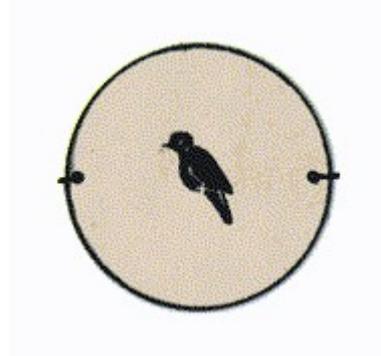


Tympan



# Perception de la durée des sons

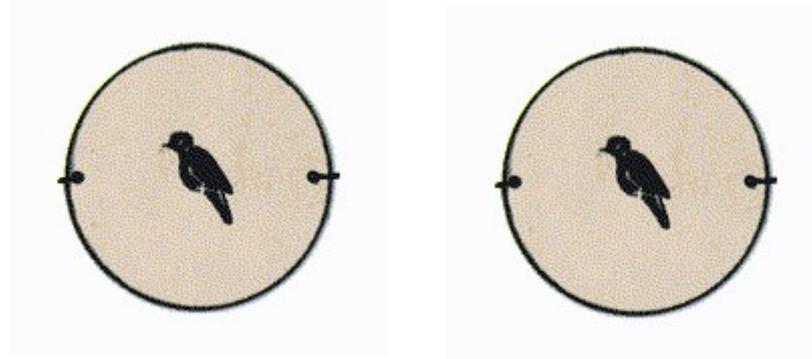
## La persistance rétinienne



Thaumatrope d'un oiseau en cage

# Perception de la durée des sons

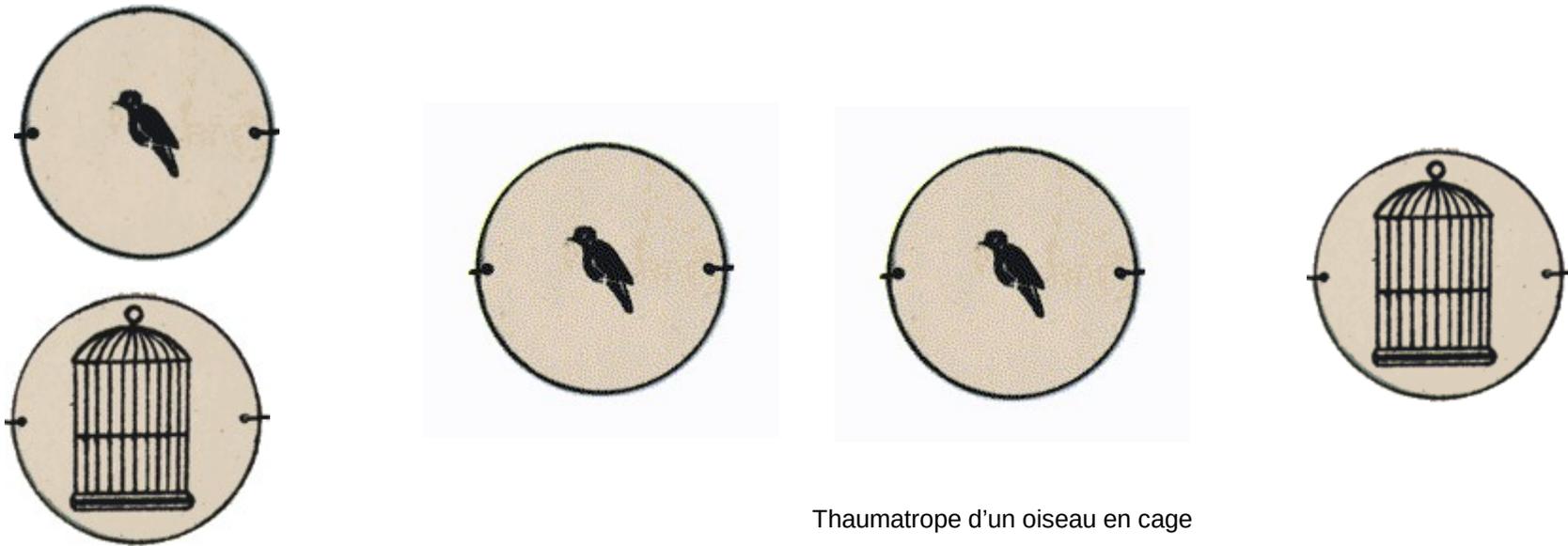
## La persistance rétinienne



Thaumatrope d'un oiseau en cage

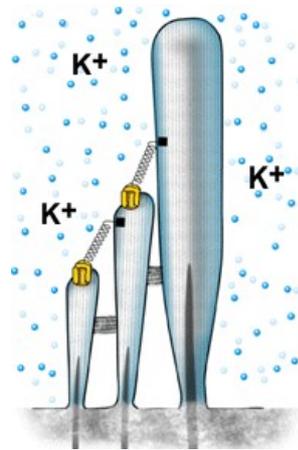
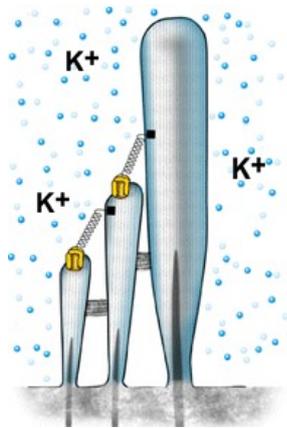
# Perception de la durée des sons

## La persistance rétinienne

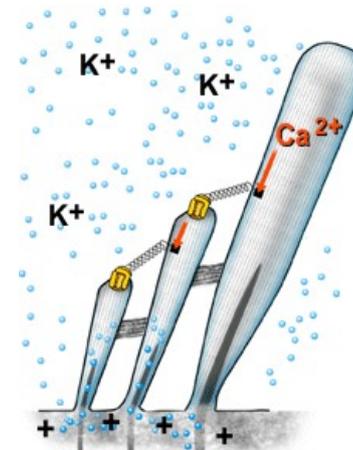


# Perception de la durée des sons

## La persistance "sonore"



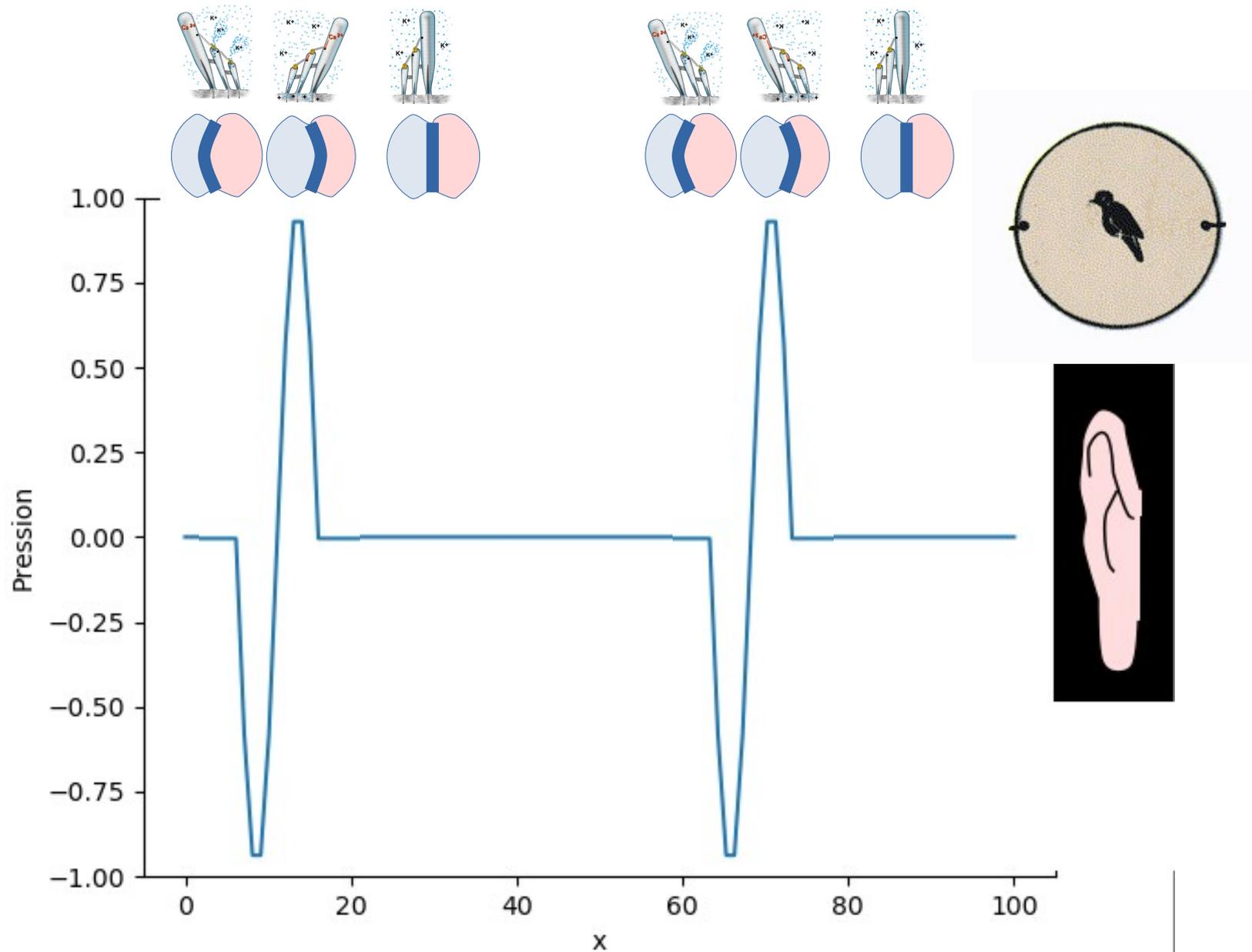
Equilibre →  
pas  
d'émission  
de signal  
électrique



Hors  
équilibre  
→ émission  
d'un signal  
électrique

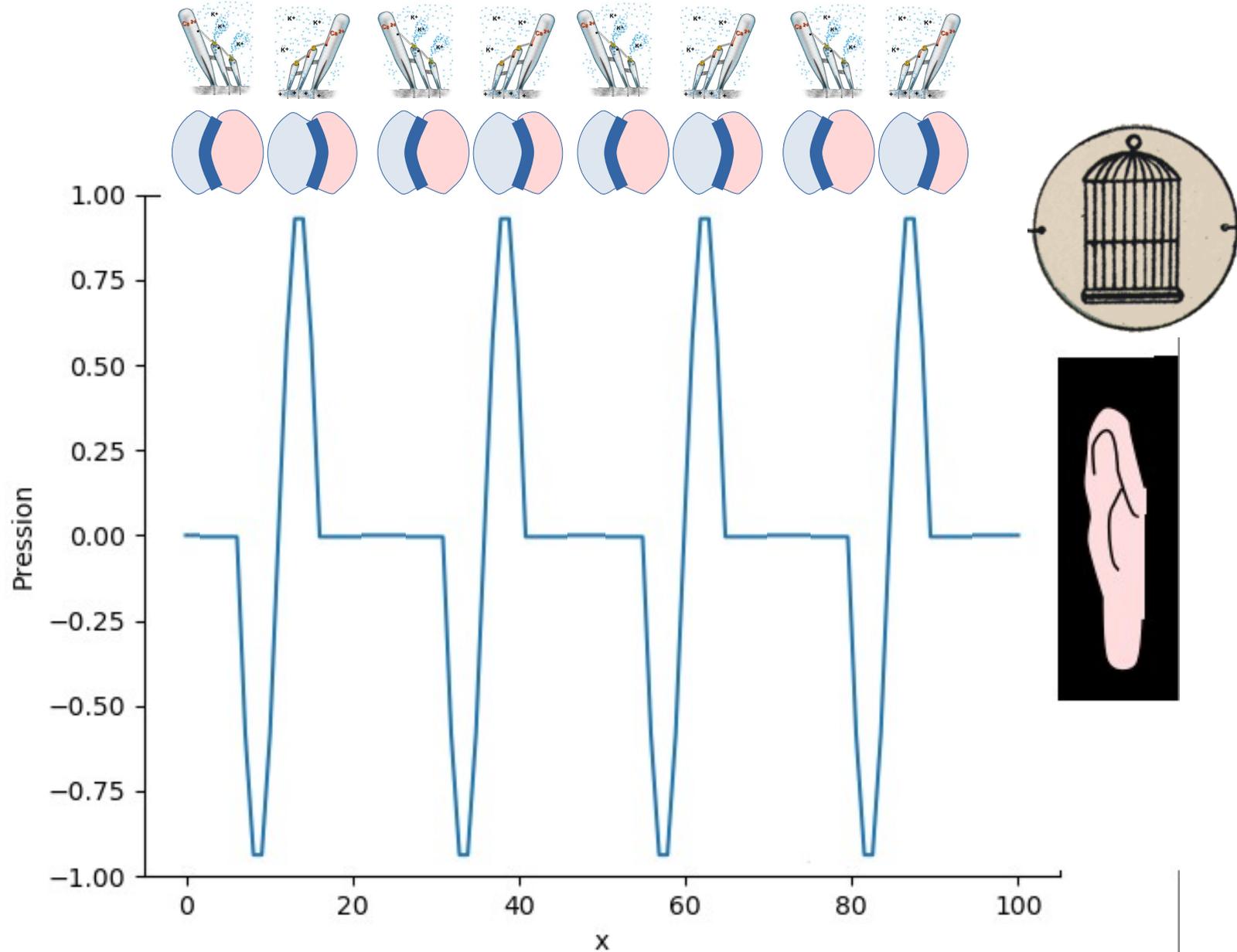
# Perception de la durée des sons

## De la perception de la durée des sons



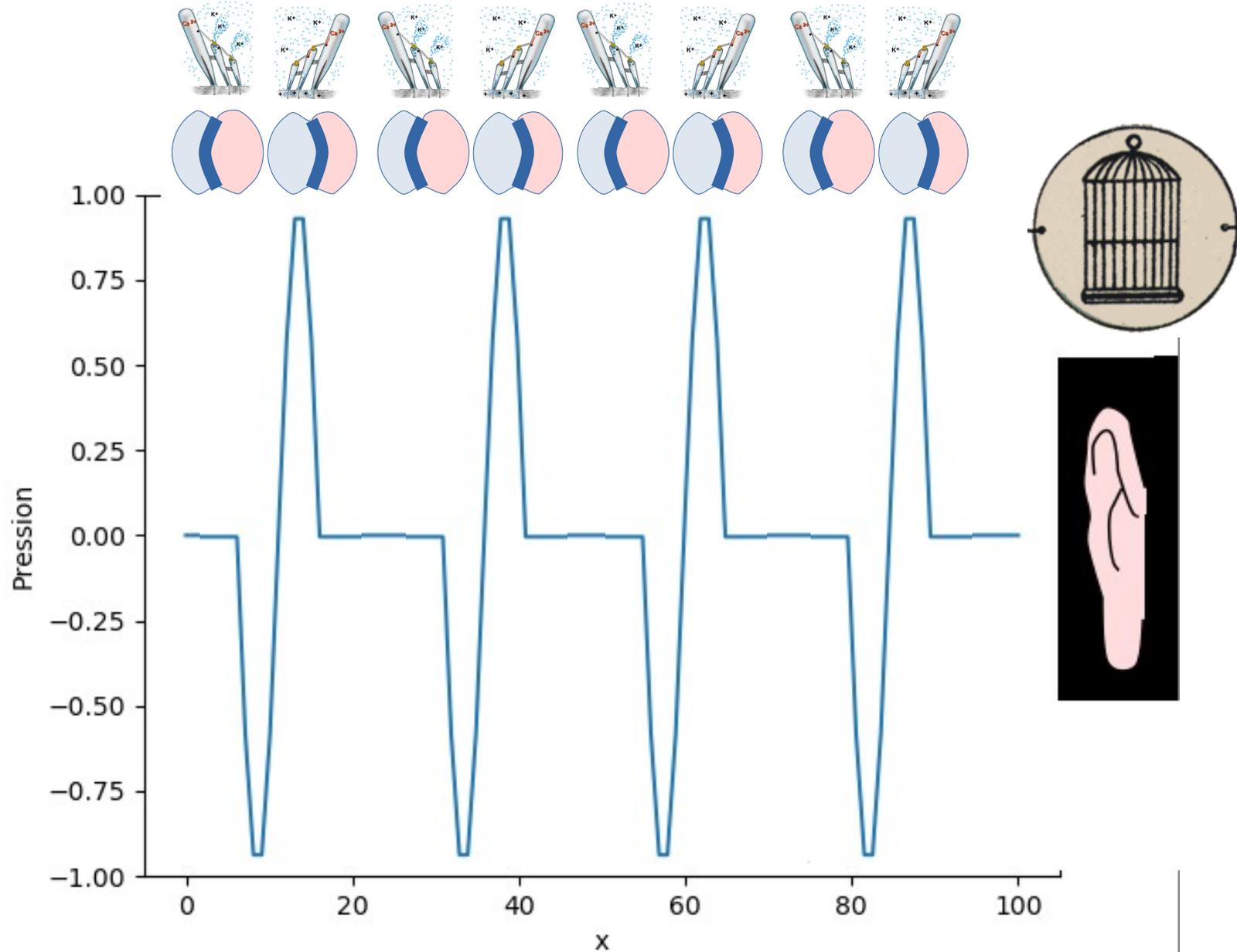
# Du son à la note

De la perception de la durée des sons



# Du son à la note

De la perception de la durée des sons



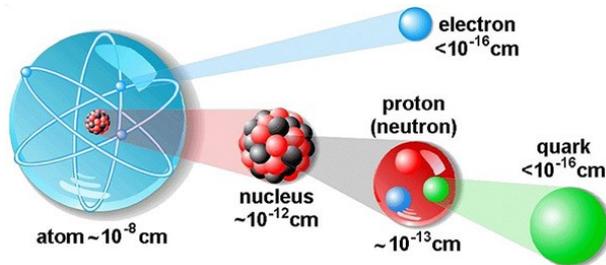
# Du son à la note

## L'induction électro-magnétique

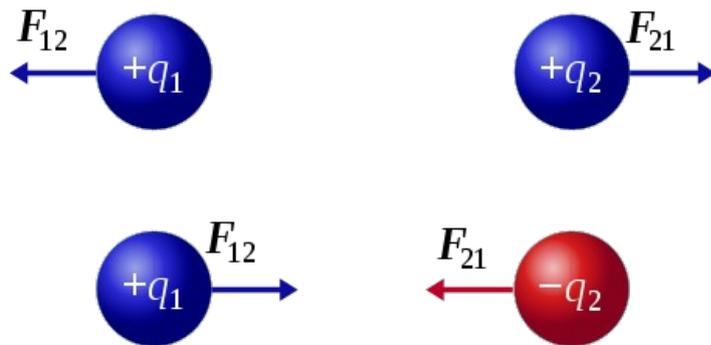
### Induction électro-magnétique :

la production d'une force, dans un conducteur électrique soumis à la variation d'un champ magnétique.

#### Les charges électriques



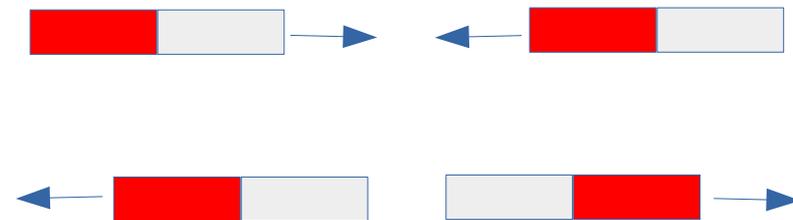
#### La force Coulombienne



#### Les aimants



#### La force magnétique

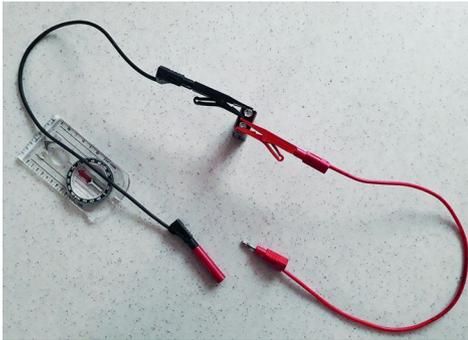


# Du son à la note

## L'induction électro-magnétique



H. C. Oersted  
1777-1851



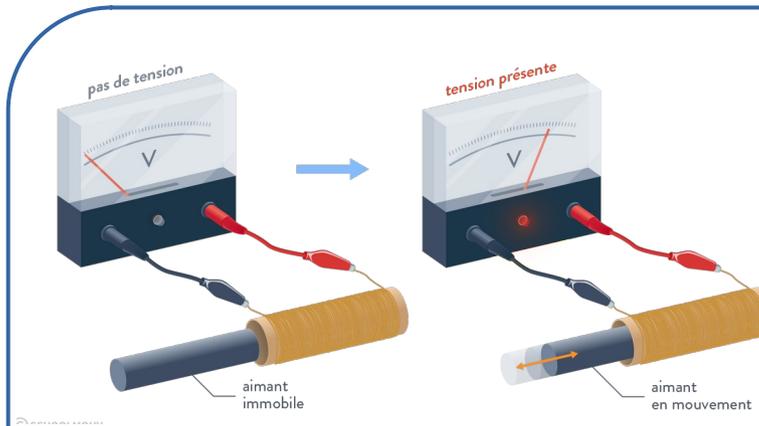
L'expérience d'Oersted  
(1820)



H. Lenz  
1804-1865



M. Faraday  
1791-1867

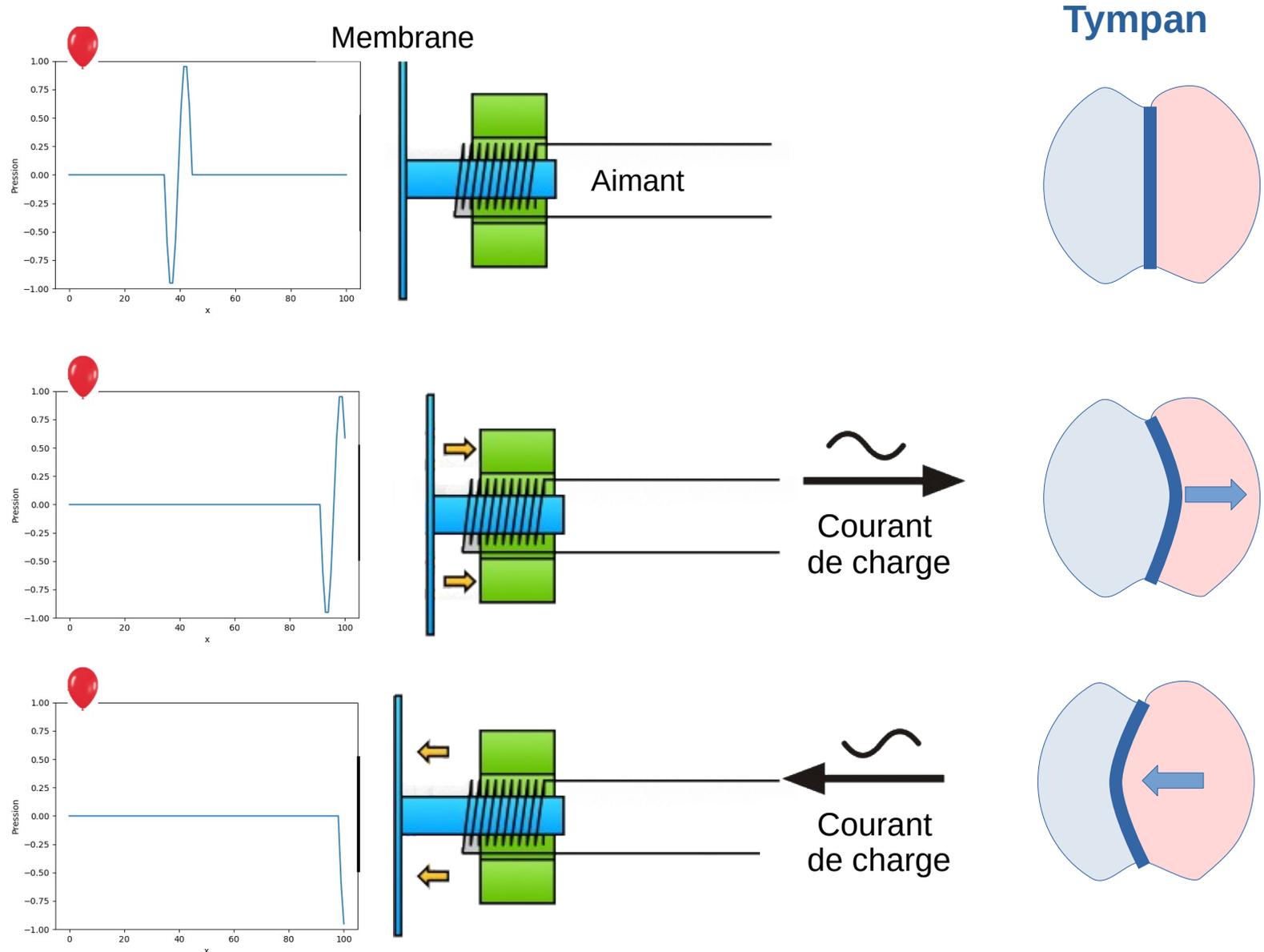


L'expérience de Faraday  
(1831)

- un aimant en mouvement génère un courant de charges
- le sens du courant est lié au sens du déplacement de l'aimant
- l'intensité du courant dépend de la vitesse de déplacement

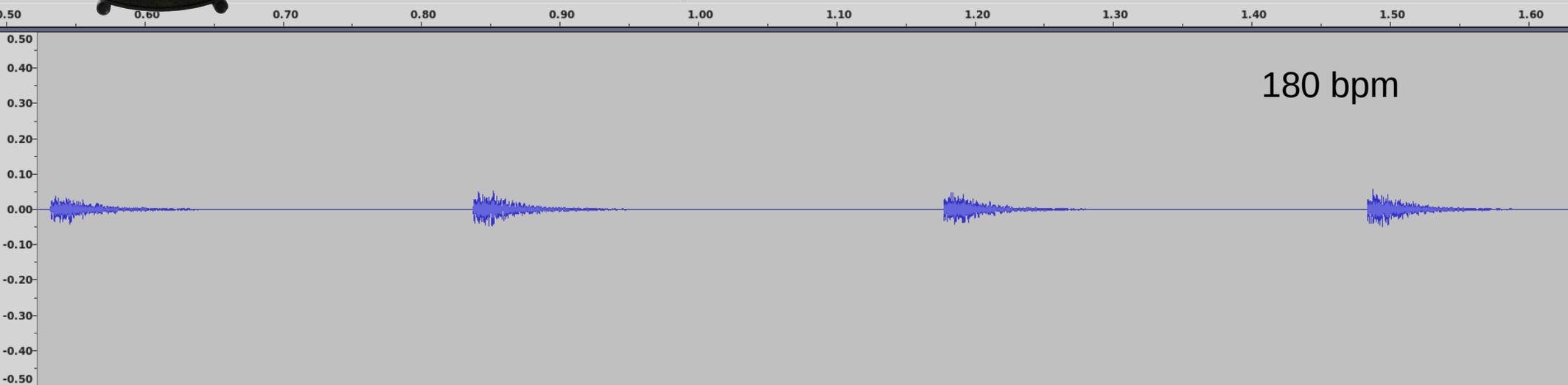
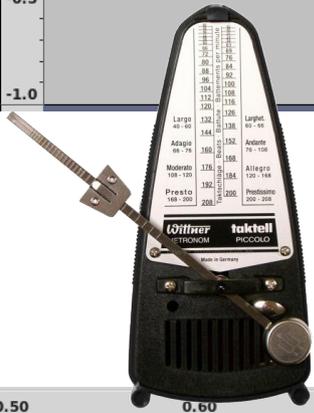
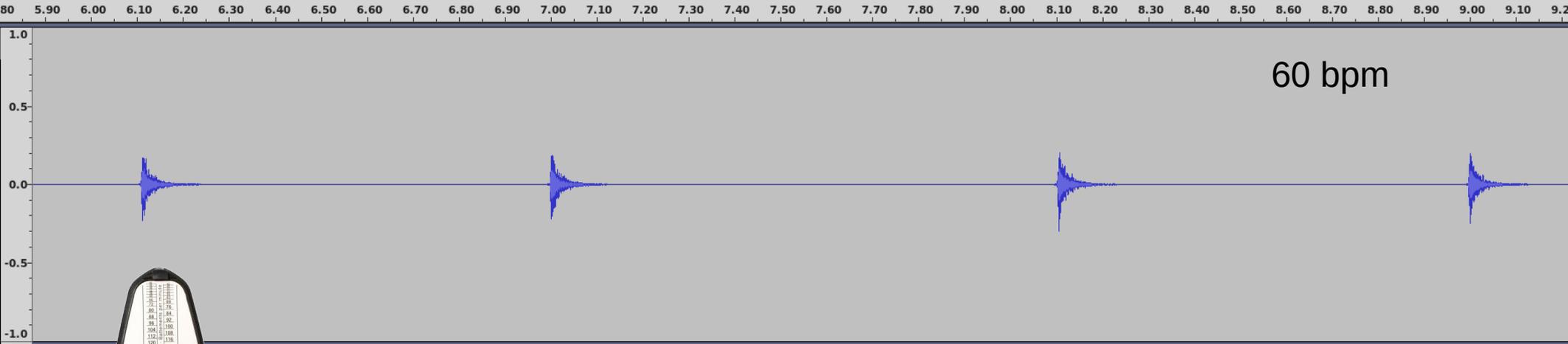
# Du son à la note

## Principe du microphone



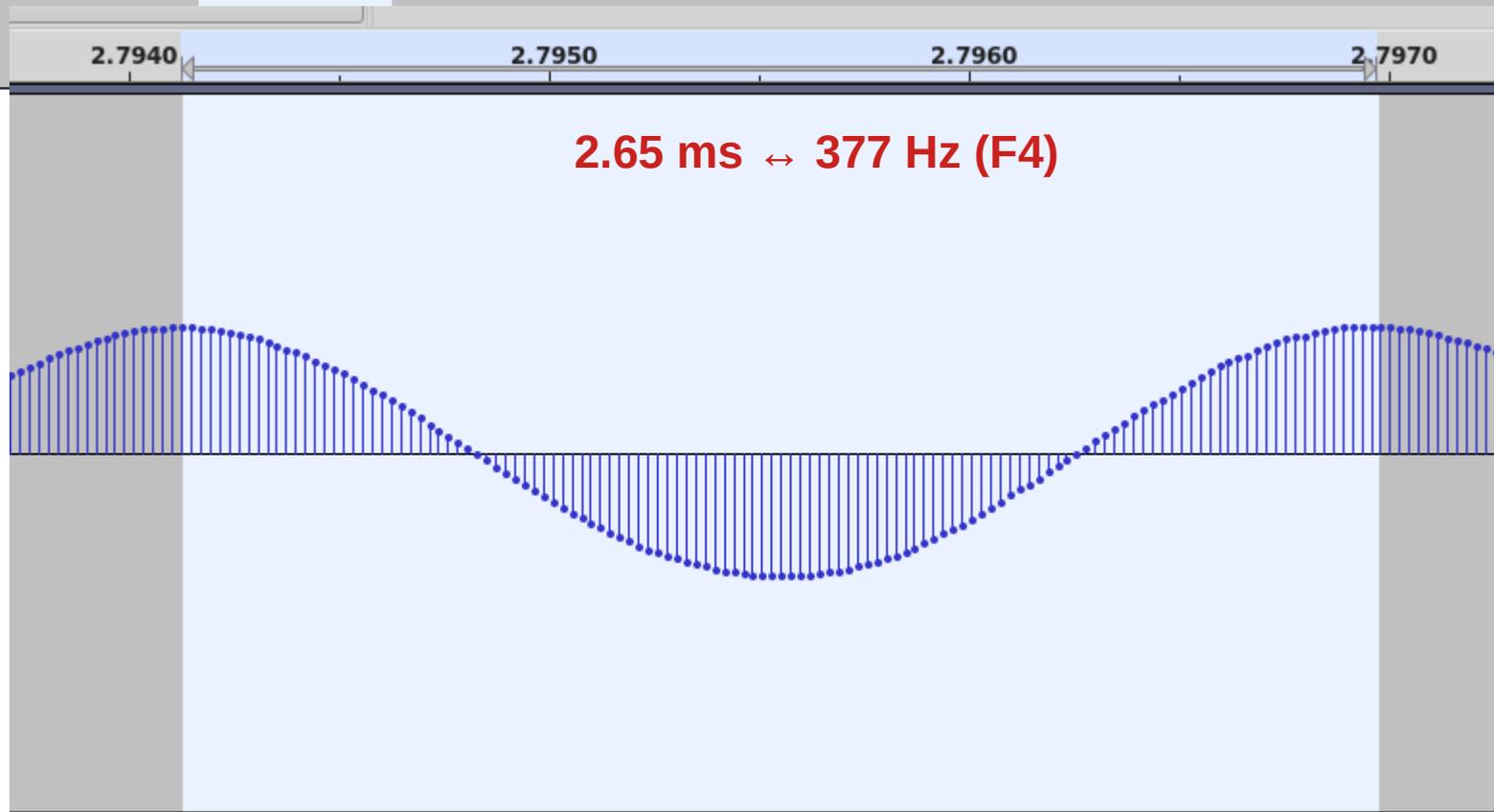
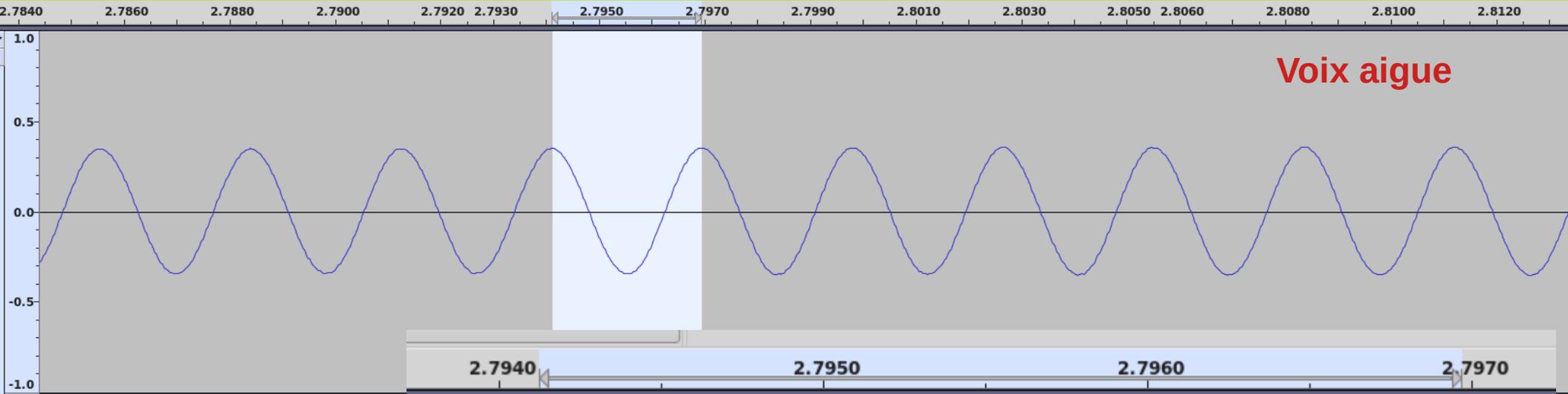
# Du son à la note

Voir le son du métronome



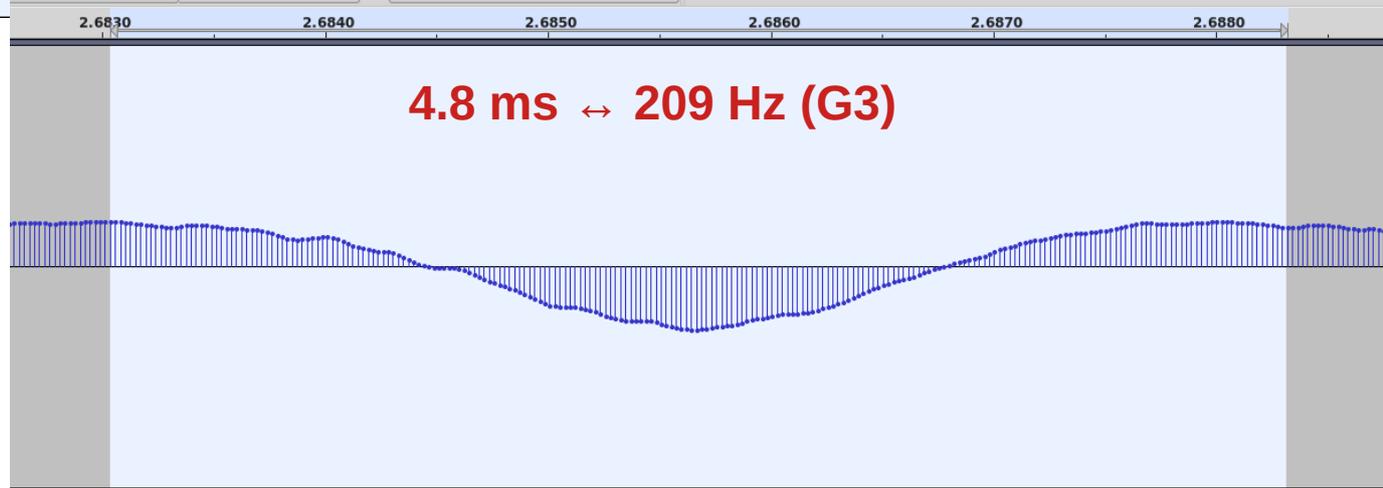
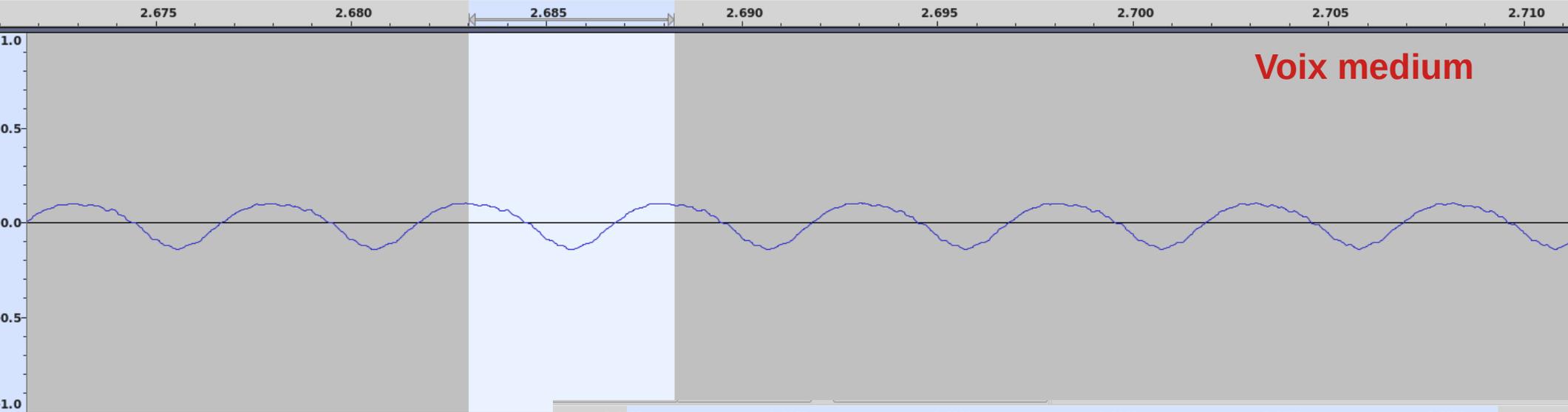
# Du son à la note

Voir notre voix



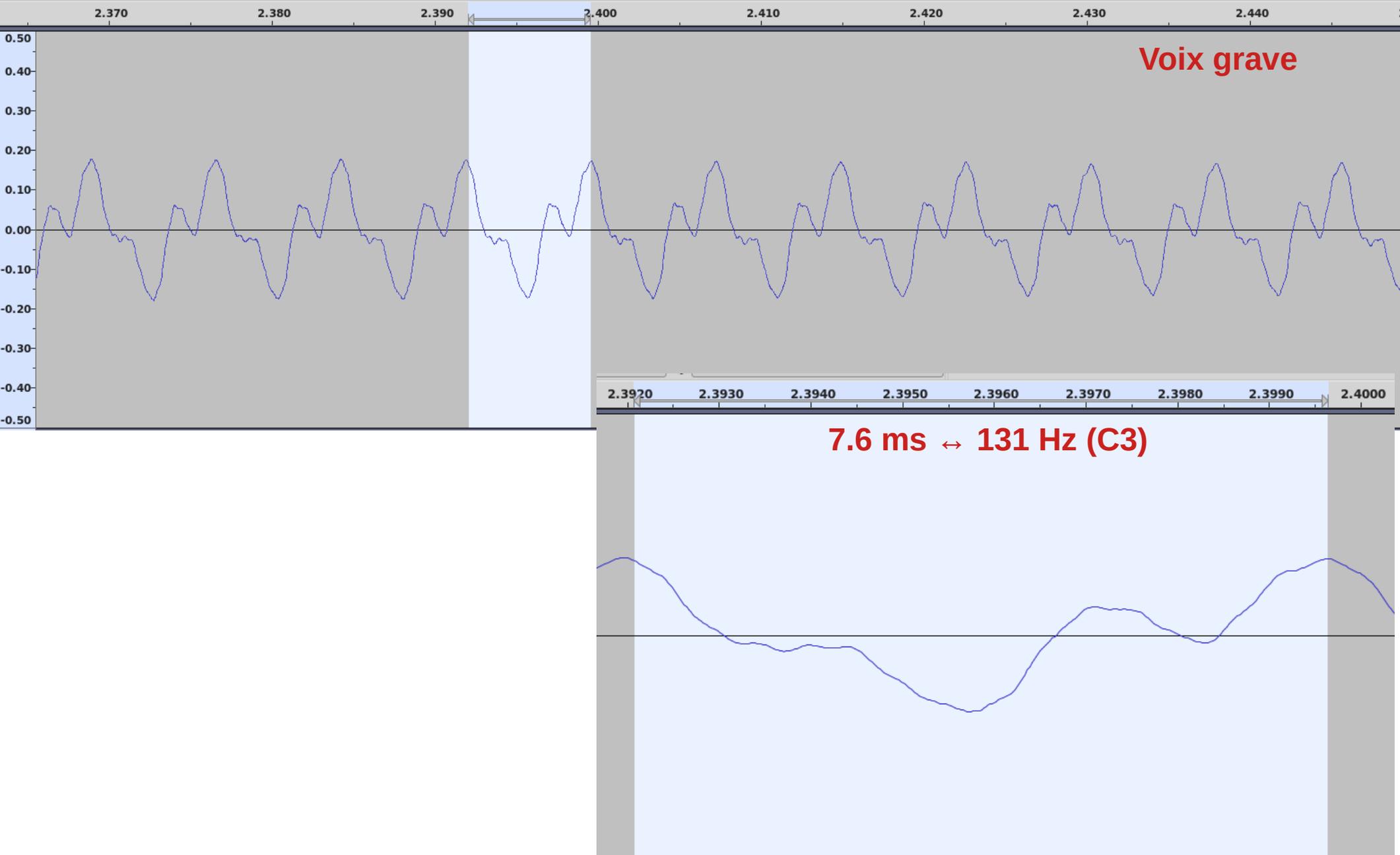
# Du son à la note

Voir notre voix



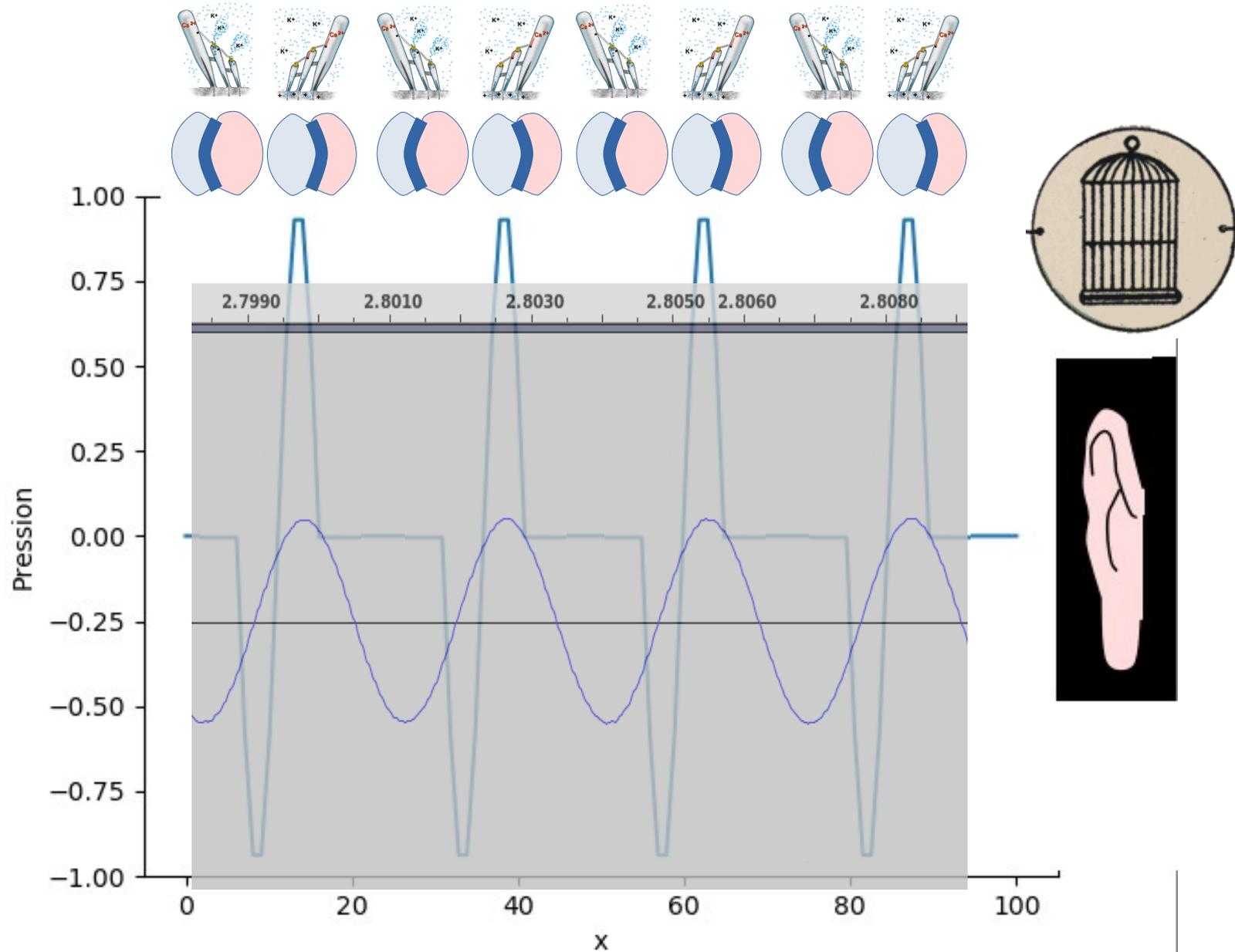
# Du son à la note

Voir notre voix



# Du son à la note

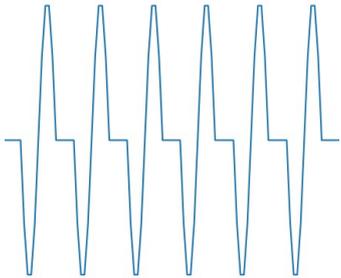
## De la perception de la durée des sons



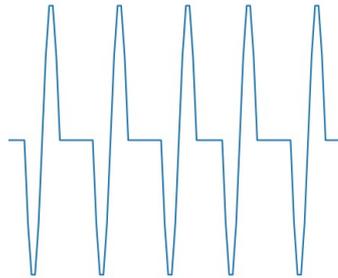
# La Physique de la Musique

## La hauteur d'un son

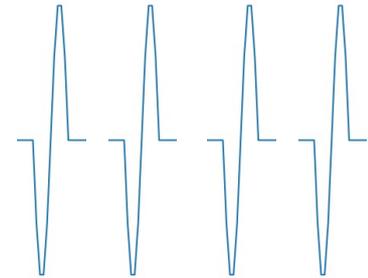
**Voix aigu**  
2.65 ms ↔ 377 Hz (F4)



**Voix medium**  
4.8 ms ↔ 209 Hz (G3)



**Voix grave**  
7.6 ms ↔ 131 Hz (C3)



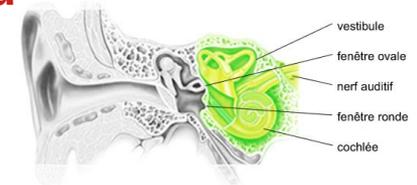
**Le son paraît d'autant plus grave que l'intervalle de temps entre deux pulses successifs est long**

# La Physique de la Musique

## Conclusions

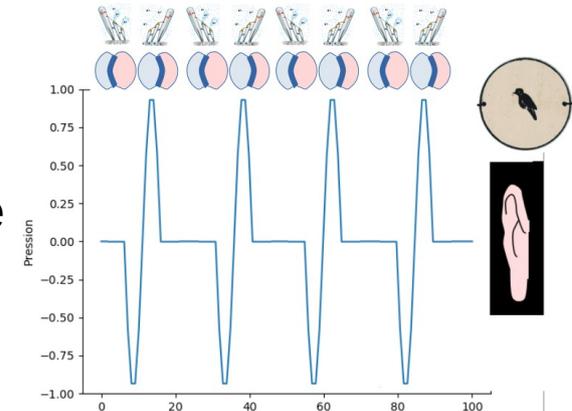
- **Mécanismes impliqués dans la perception du son par notre cerveau**

- Tympan, marteau, enclume, étrier & cochlée
- transduction signal acoustique/impulsion nerveuse



- **Perception d'un son continu par notre cerveau**

- la persistance "sonore"
- Voir le son → induction électromagnétique & microphone



- **Signification physique de la hauteur du son**