

# Microphone de guitare électrique



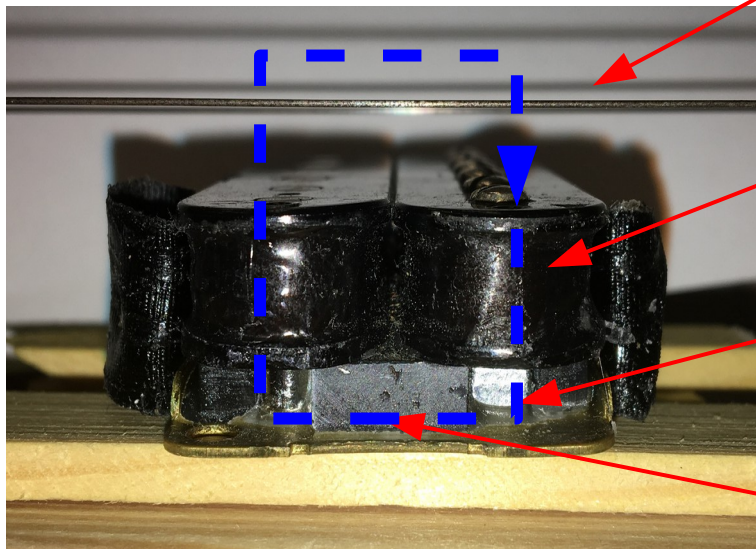
Comment fonctionne un microphone de guitare électrique et de quoi dépend le son fourni par celui-ci ?

# Sommaire

- Présentation du système
- Modélisation
- Expériences
- Conclusion



# Présentation du système

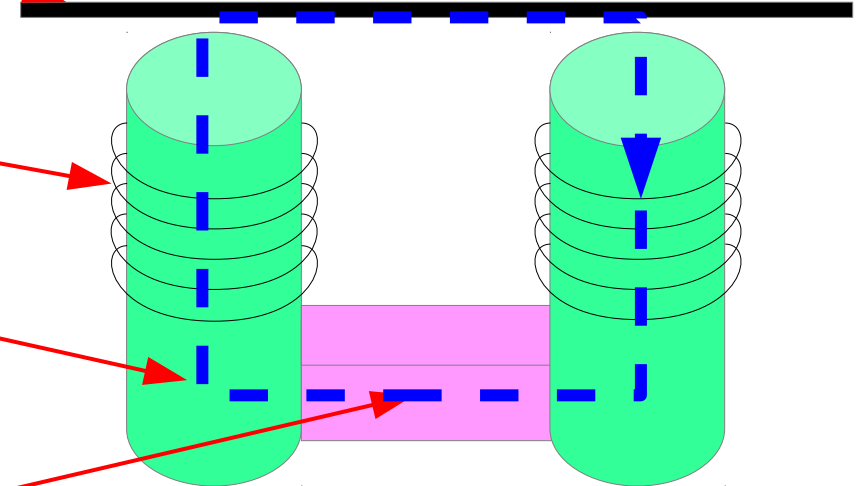


Corde

Bobine

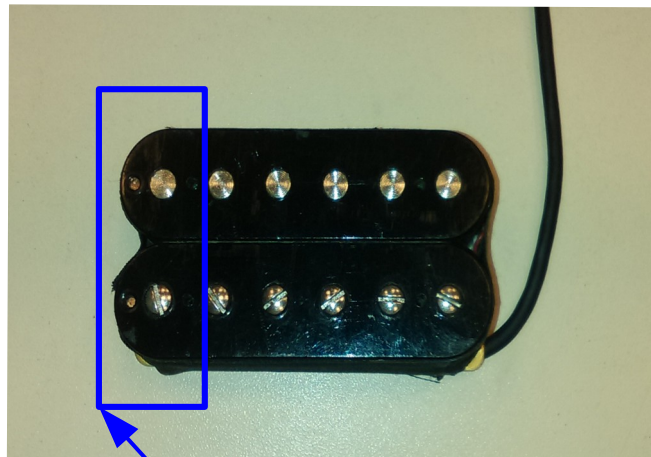
Plot

Aimant



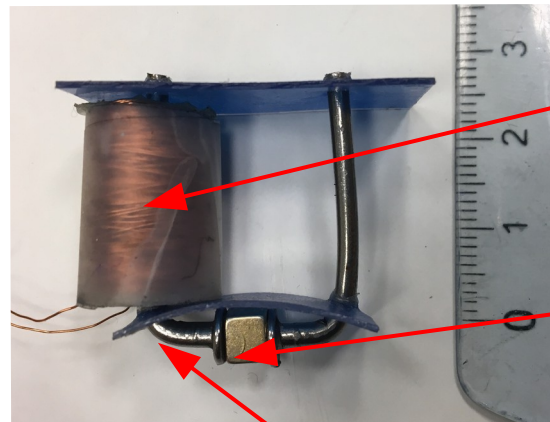
# Présentation du système

## Système réel



Module

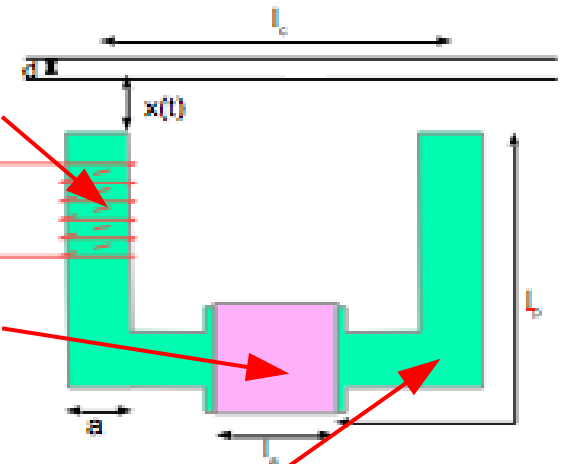
## Maquette



Bobine

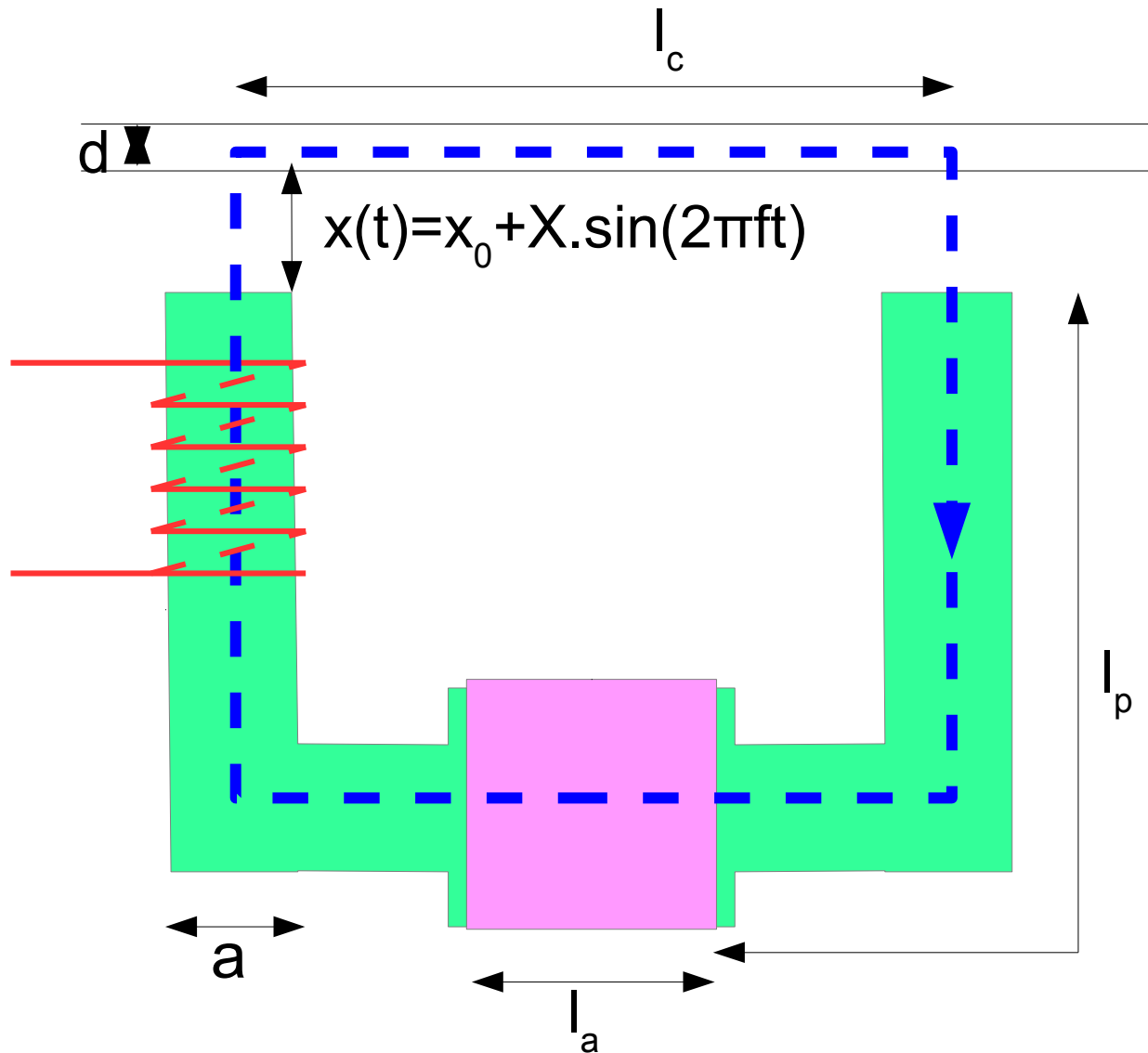
Aimant

## Schéma



Clou =  
Circuit  
magnétique

# Modélisation



Nombre de spires :

$$N = 600 \pm 10$$

Longueur de l'aimant :

$$l_a = 4,0 \pm 0,3 \text{ mm}$$

Longueur d'un plot :

$$l_p = 36,0 \pm 0,3 \text{ mm}$$

Longueur de la corde :

$$l_c = 20,0 \pm 0,3 \text{ mm}$$

Diamètre du plot :

$$A = 2,4 \pm 0,3 \text{ mm}$$

Diamètre de la corde :

$$d = 0,41 \text{ mm} \text{ (donnée constructeur)}$$

Perméabilité du vide :

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ m.kg.s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$$

Clou (plot) en fer :

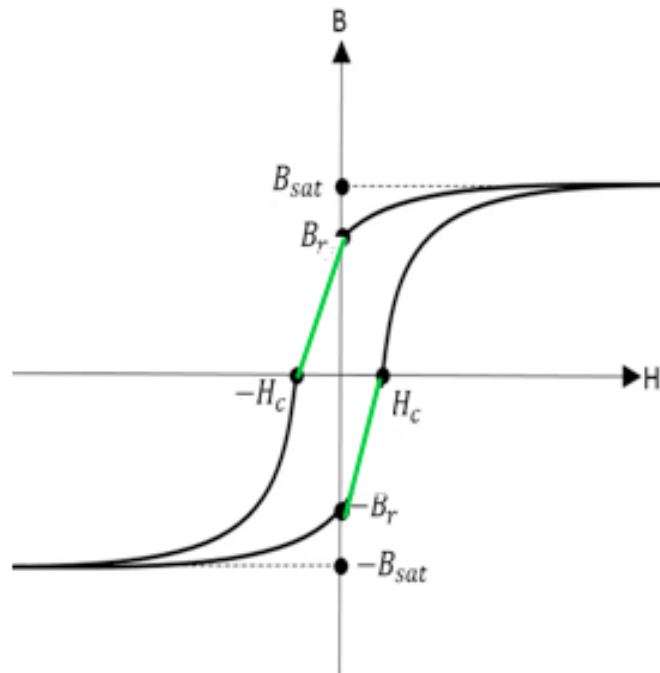
$$\mu_p = 4000 \text{ (valeur tabulée)}$$

Corde en acier :

$$\mu_c = 350 \text{ (valeur tabulée)}$$

# Modélisation

## Caractéristiques de l'aimant



Données du constructeur :

$$\begin{aligned} B_r &\# 1,29-1,32 \text{ T} \\ H_c &\# 860-955 \text{ kA/m} \end{aligned}$$

Pour  $B > 0$  et  $H < 0$ , linéarité du cycle d'hystérésis :

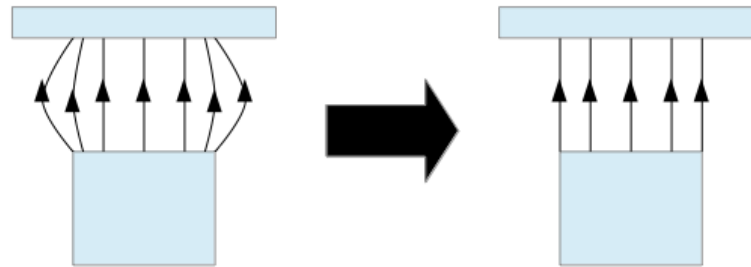
$$B_a = \frac{B_r}{H_c} H_a + B_r$$



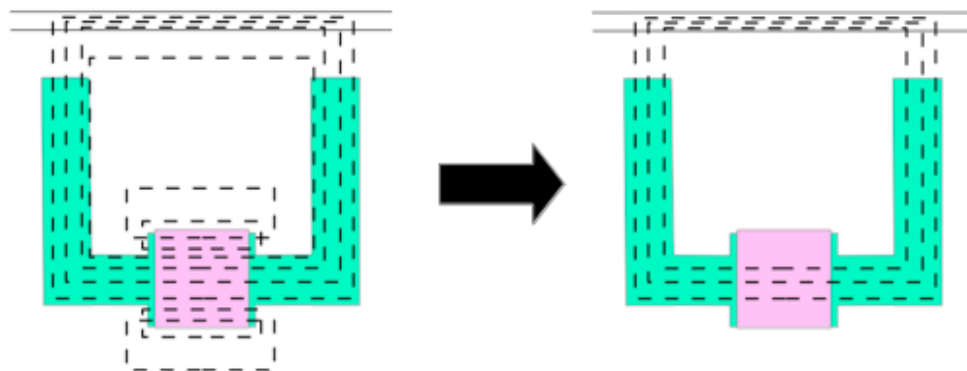
# Modélisation

## Hypothèses

- Corde (acier) et plots (fer) : milieux LHI
- Néglige les effets de bord : lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces



- Canalisation de toutes les lignes de champ dans le circuit magnétique (pas de flux de fuite)



# Modélisation

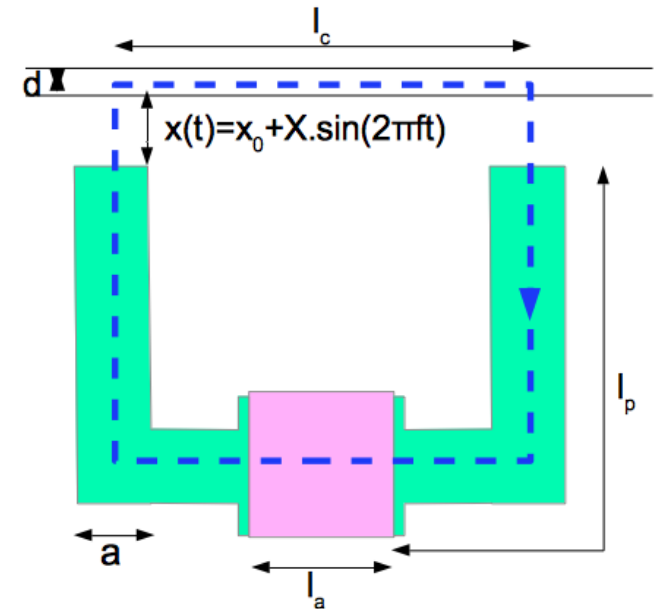
## Détermination de $e_{\text{ind}}$

D'après le théorème d'Ampère, on a :

$$H_a l_a + 2 H_p l_p + H_c l_c + 2 H_{\text{air}} x = 0$$

Conservation du flux :

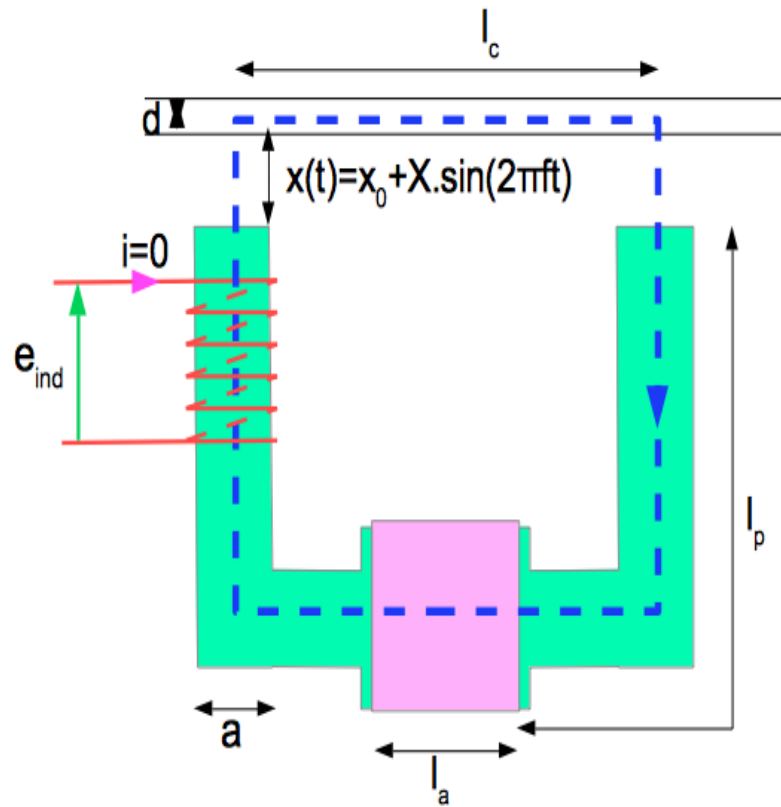
$$B_a = B_r - \frac{B_r^2}{H_c \left( \frac{\mu_0 \pi}{4 l_a \left( \frac{2 l_p}{\mu_p a^2} + \frac{l_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 x}{a^2} \right)} + \frac{B_r}{H_c} \right)}$$





# Modélisation

## Détermination de $e_{ind}$



D'après la loi de Lenz-Fraday :

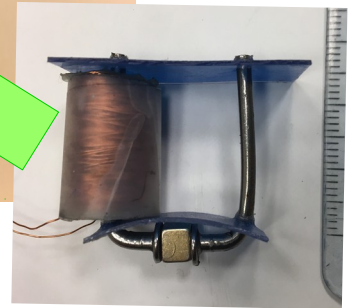
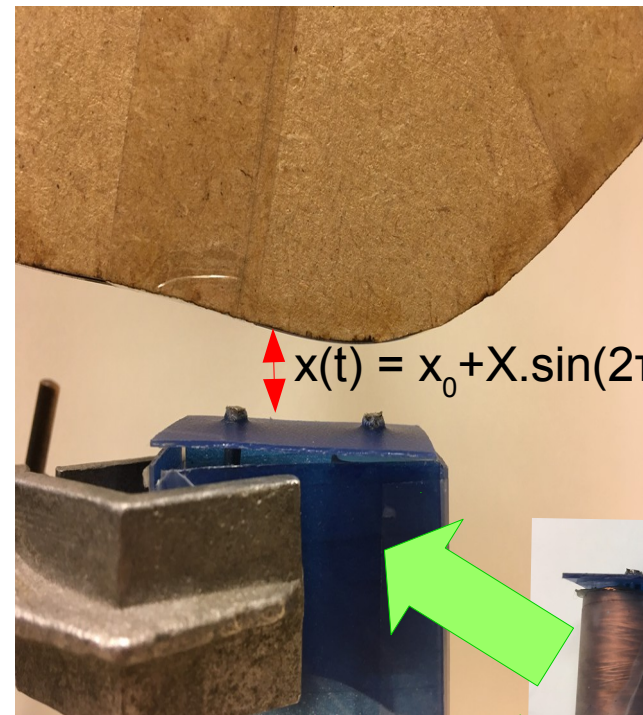
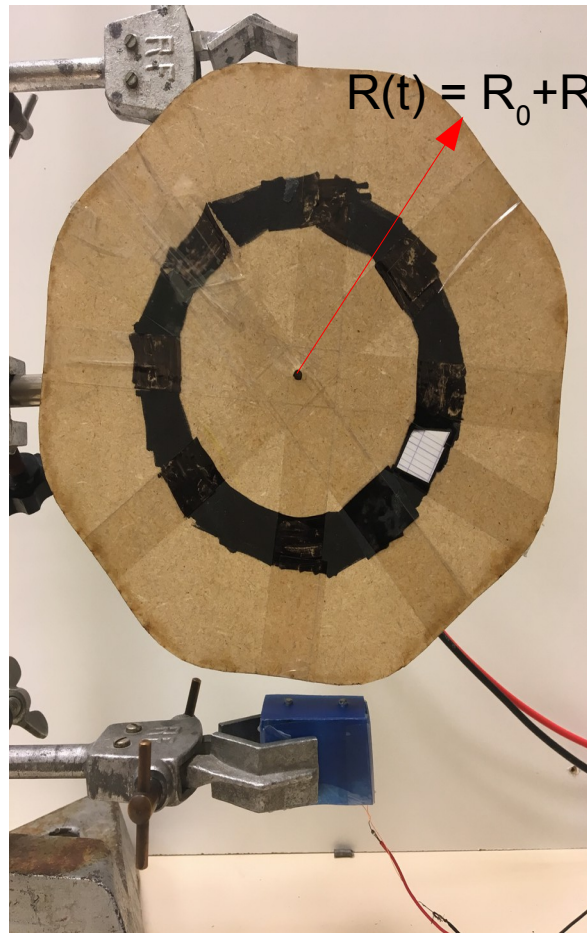
$$e_{ind} = \frac{\frac{2 N s l_a B_r^2 \mu_0 x}{H_c a^4}}{\left( \frac{\mu_0 \pi}{4 l_a} + \frac{B_r}{H_c} \left( \frac{2 l_p}{\mu_p a^2} + \frac{l_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 x}{a^2} \right) \right)^2}$$

⇒  $e_{ind}$  dépend de  $\dot{x}$  et  $x$

Surface  $s$  du plot :  $s = \pi \frac{a^2}{4}$

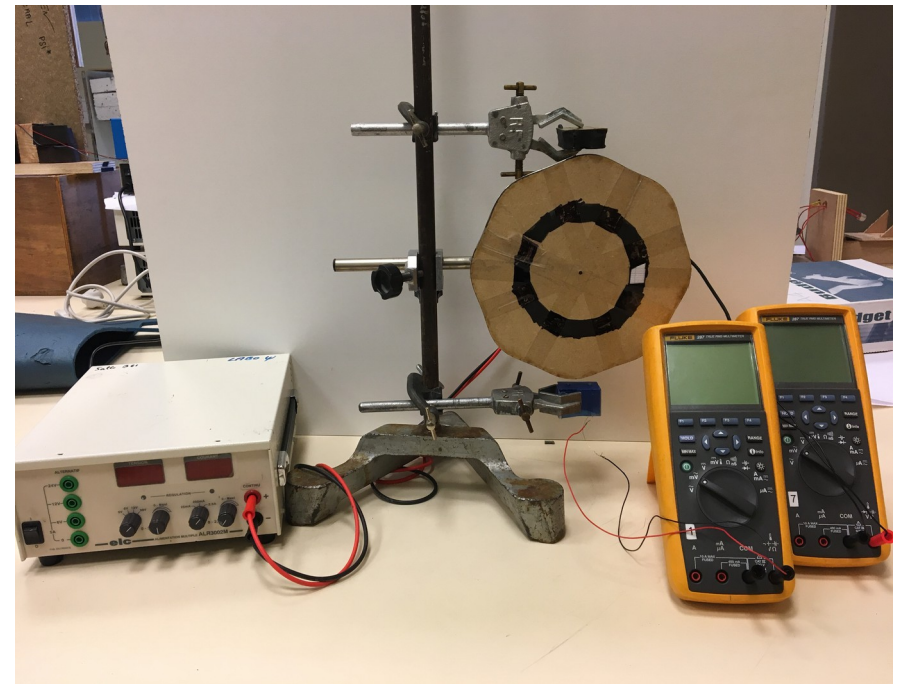
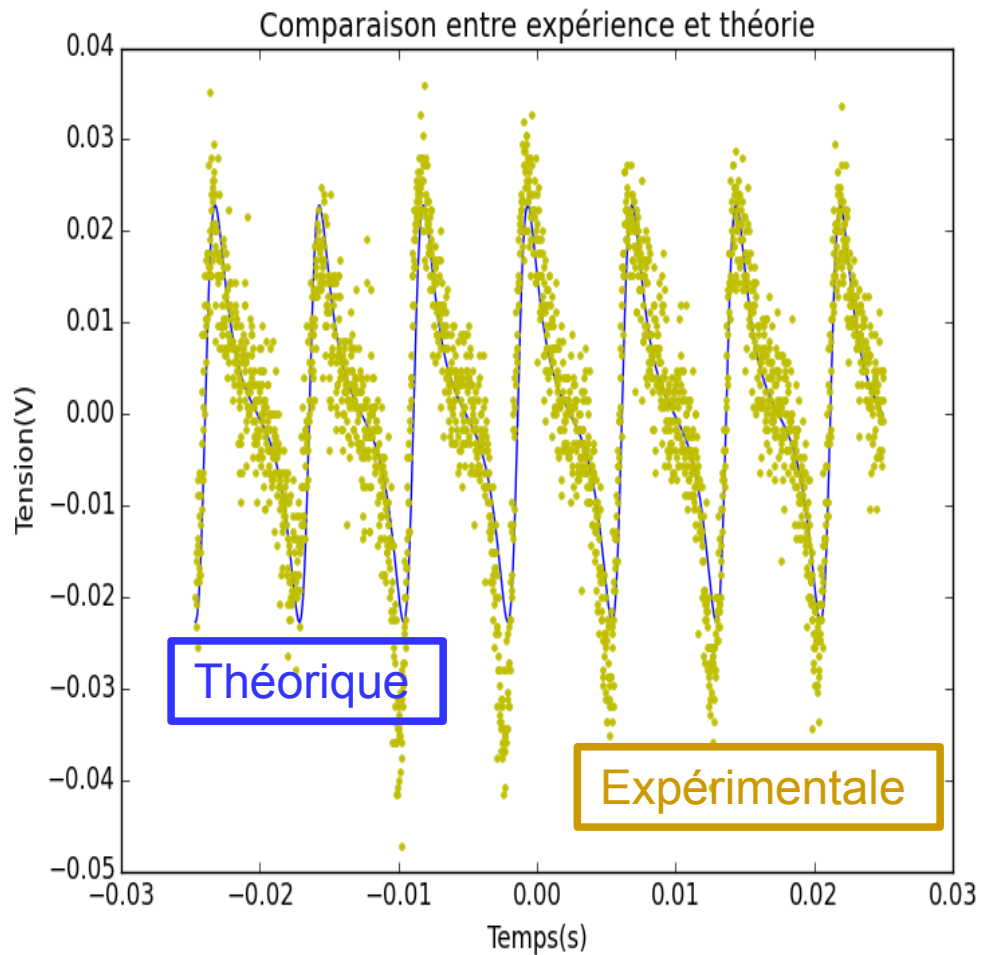
# Expériences

## Simulation de la vibration de la corde



# Expériences

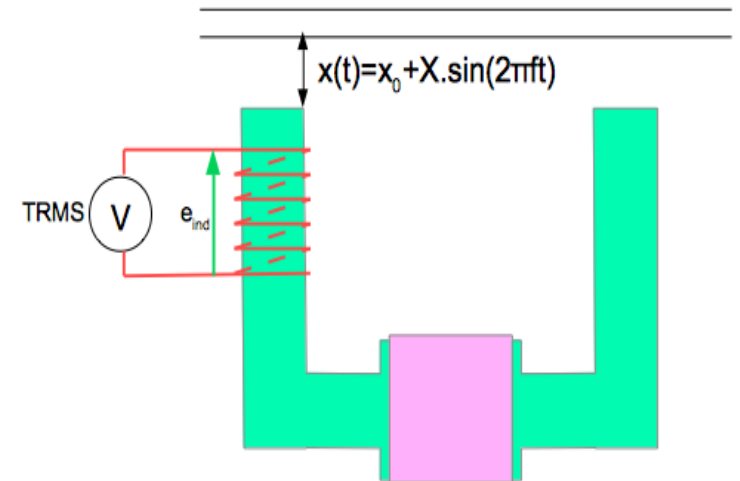
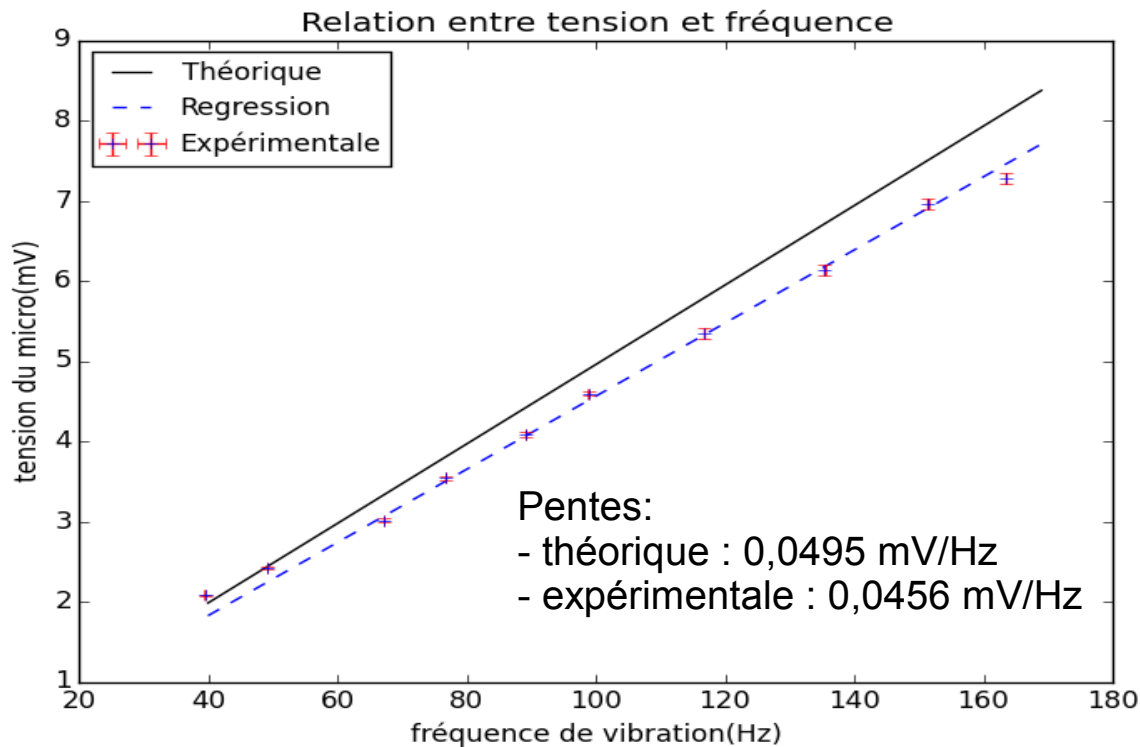
## Signal délivré par le micro



# Expériences

## Influence de la fréquence

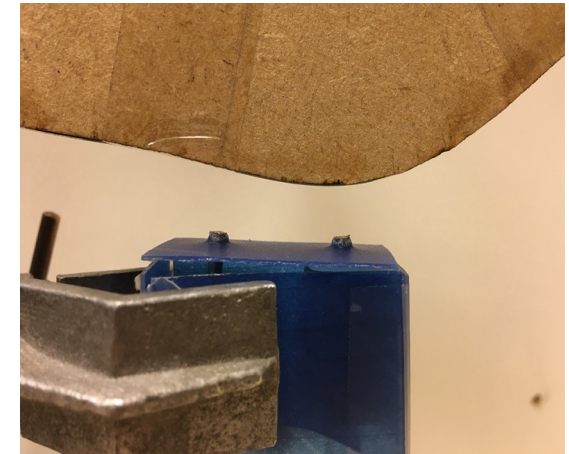
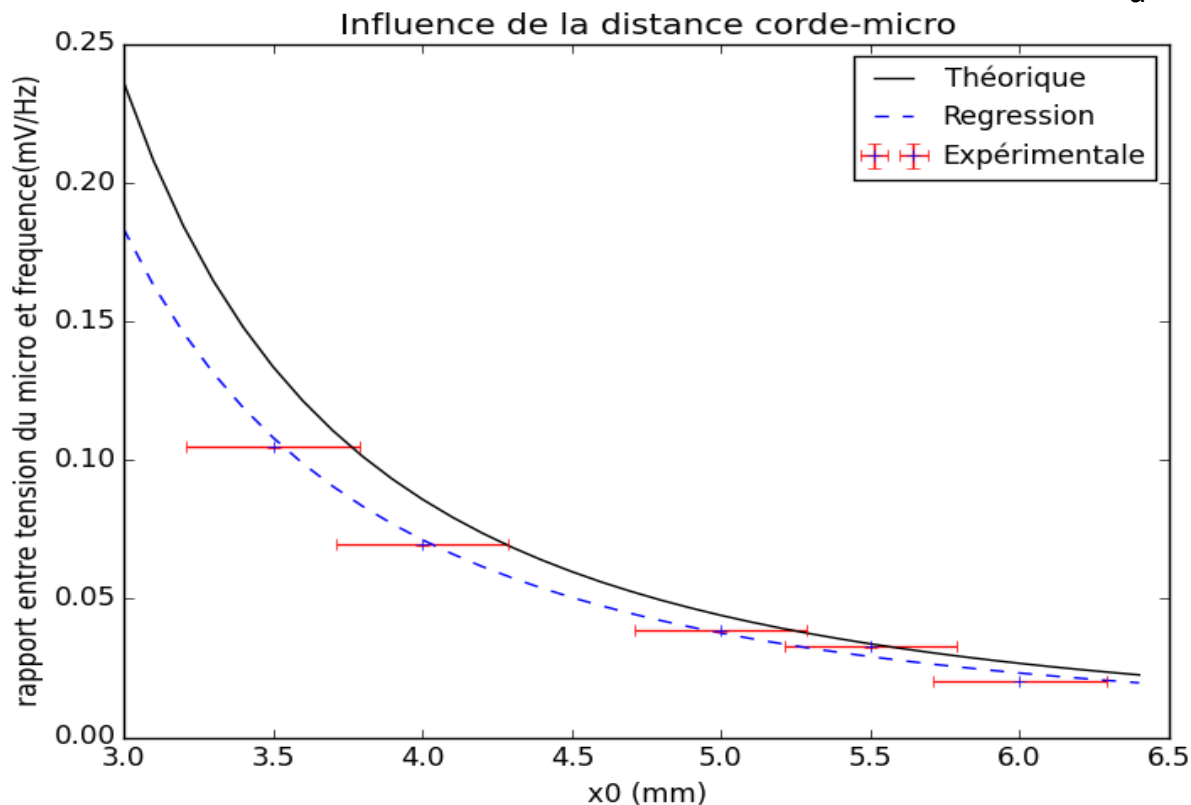
$$e_{ind} = \frac{2 N s I_a B_r^2 \mu_0 x^0}{H_c a^4} \left( \frac{\mu_0 \pi}{4 I_a} + \frac{B_r}{H_c} \left( \frac{2 I_p}{\mu_p a^2} + \frac{I_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 x}{a^2} \right) \right)^2$$



# Expériences

## Influence de la distance corde-micro

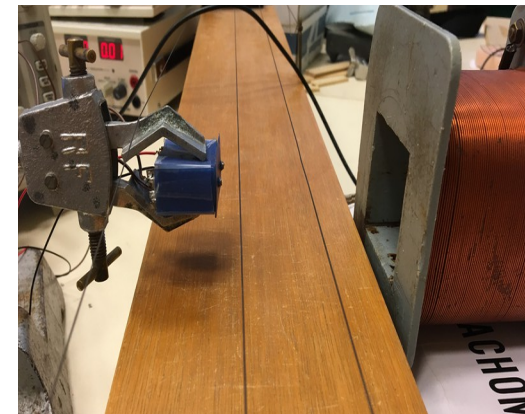
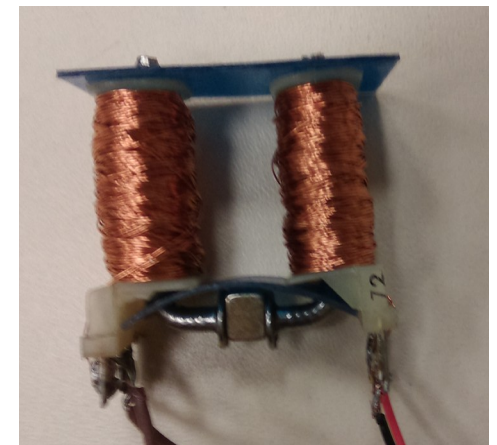
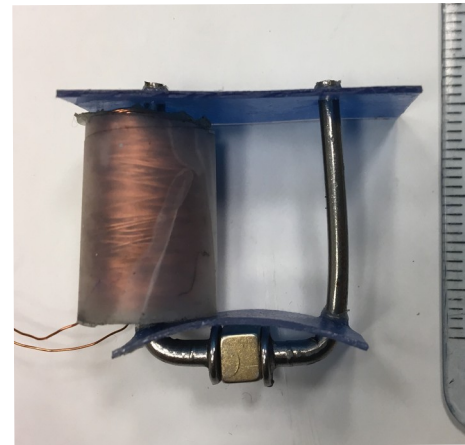
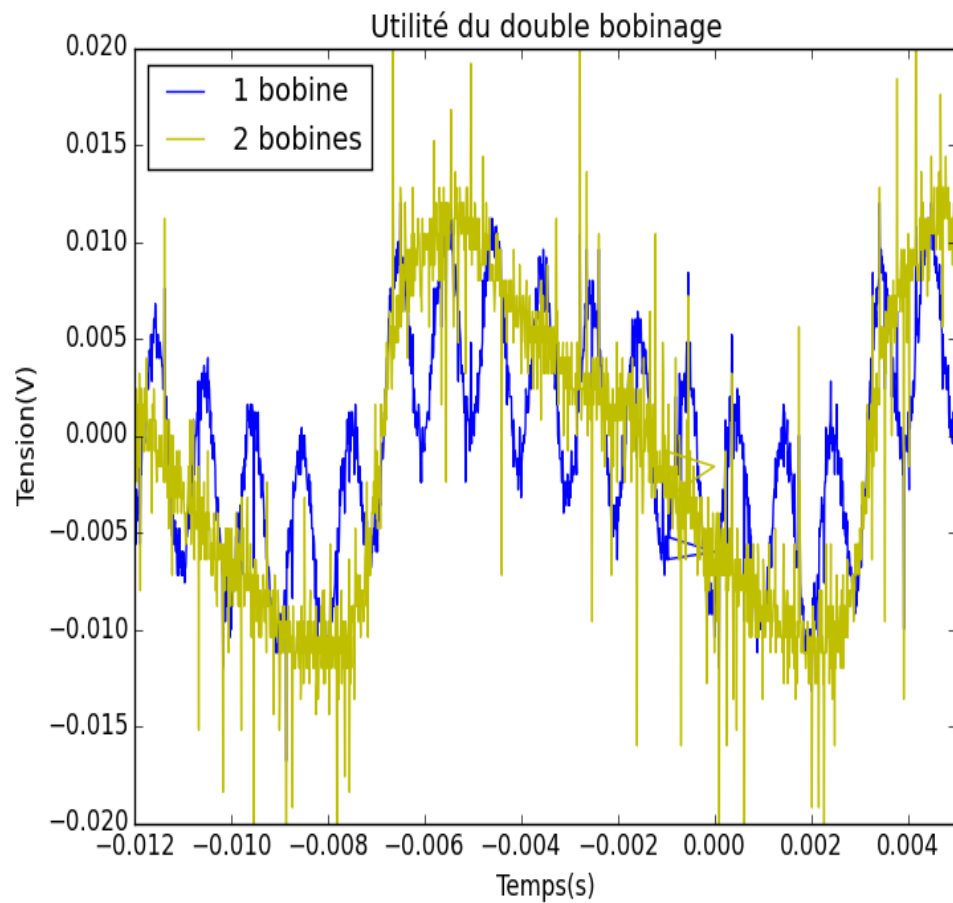
$$e_{ind} = \frac{2 N s l_a B_r^2 \mu_0 x^0}{H_c a^4} \left( \frac{\mu_0 \pi}{4 l_a} + \frac{B_r}{H_c} \left( \frac{2 l_p}{\mu_p a^2} + \frac{l_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 x}{a^2} \right) \right)^2$$





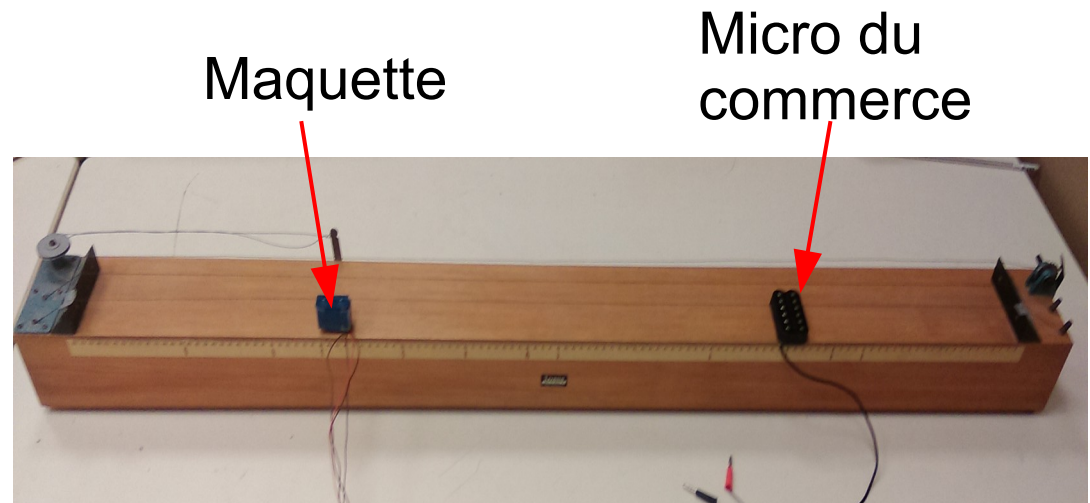
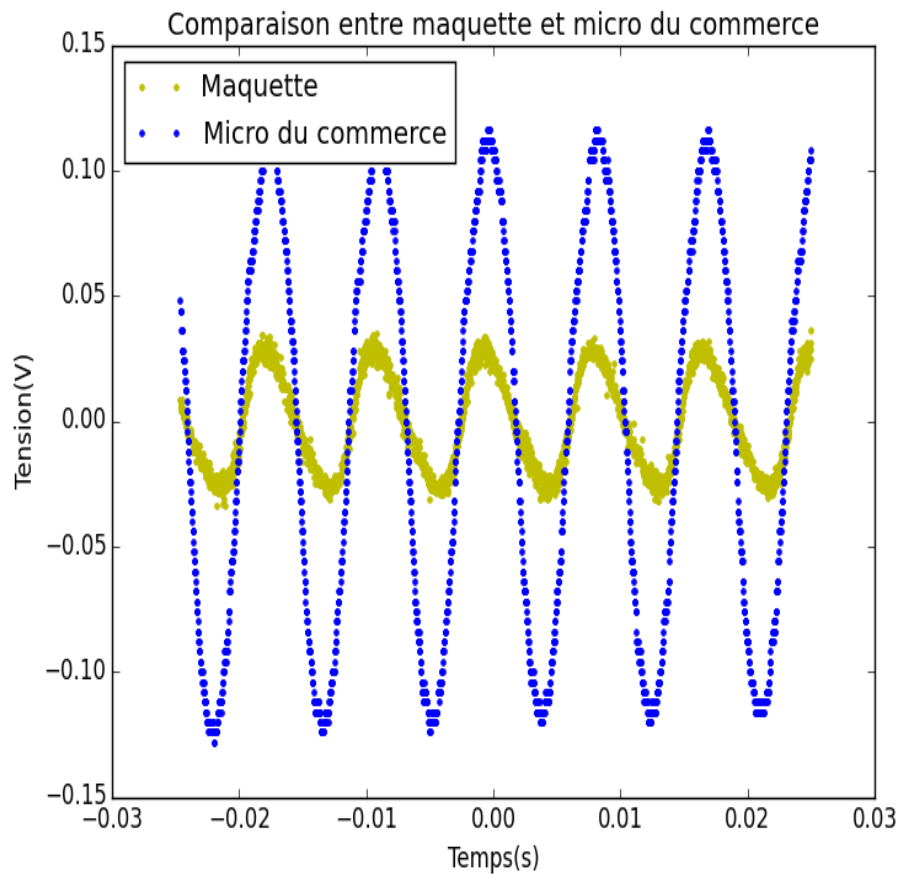
# Expériences

## Influence du nombre de bobinage



# Expériences

## Signal obtenu avec la disposition d'une vraie guitare

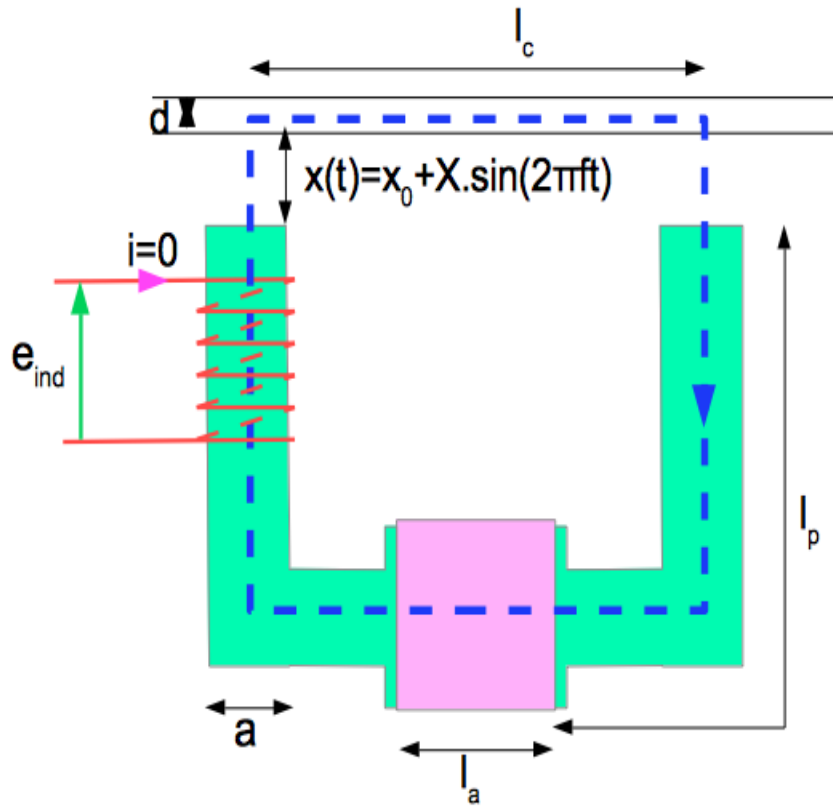


# Conclusion

- Influence de la fréquence, de la distance micro-corde et du double bobinage sur le son produit par le microphone
- Écarts entre la théorie et l'expérimental :
  - Fuites magnétiques sur le système réel
  - Bruit capté par le microphone
  - Effet de bord des lignes de champ à la sortie d'une surface



# Annexe



Théorème d'Ampère :

$$\int_{\text{aimant}} \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_{\text{plot}} \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_{\text{air}} \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_{\text{corde}} \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0$$

Relation des milieux :

$$B_p = \mu_o \mu_p H_p$$

$$B_c = \mu_o \mu_c H_c$$

$$B_{\text{air}} = \mu_o H_{\text{air}}$$

$$\text{Flux : } \Phi_a = l_a^2 B_a \quad \Phi_p = \pi \frac{a^2}{4} B_p$$

$$\Phi_c = \pi \frac{d^2}{4} B_c \quad \Phi_{\text{air}} = \pi \frac{a^2}{4} B_{\text{air}}$$

$$\text{Conservation du flux : } B_a = - \frac{\mu_o \pi H_a}{4 \frac{2 l_a l_p}{\mu_p a^2} + \frac{l_a l_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 l_a x}{a^2}} = \frac{B_r}{H_c} H_a + B_r$$

# Annexe

Linéarité du cycle d'hystérésis :  $B_a = \frac{B_r}{H_c} H_a + B_r$

Champ magnétique dans l'aimant :

$$B_a = B_r - \frac{B_r^2}{H_c \left( \frac{\mu_0 \pi}{4 l_a \left( \frac{2 l_p}{\mu_p a^2} + \frac{l_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 x}{a^2} \right)} + \frac{B_r}{H_c} \right)}$$

Conservation du flux :  $B_p = \frac{4 l_a^2}{\pi a^2} B_a$       Surface s du plot :  $s = \pi \frac{a^2}{4}$

Loi de Lenz-Faraday :  $e_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -N s \frac{dB_p}{dt} = \frac{\frac{2 N s l_a B_r^2 \mu_0 x}{H_c a^4}}{\left( \frac{\mu_0 \pi}{4 l_a} + \frac{B_r}{H_c} \left( \frac{2 l_p}{\mu_p a^2} + \frac{l_c}{\mu_c d^2} + \frac{2 x}{a^2} \right) \right)^2}$