



9070

---

# Freinage Electromagnétique

---

# Sommaire

- ❖ Montage et Acquisition
- ❖ Influence de l'intensité
- ❖ Influence des matériaux
- ❖ Freinage mécanique
- ❖ Freinage hybride

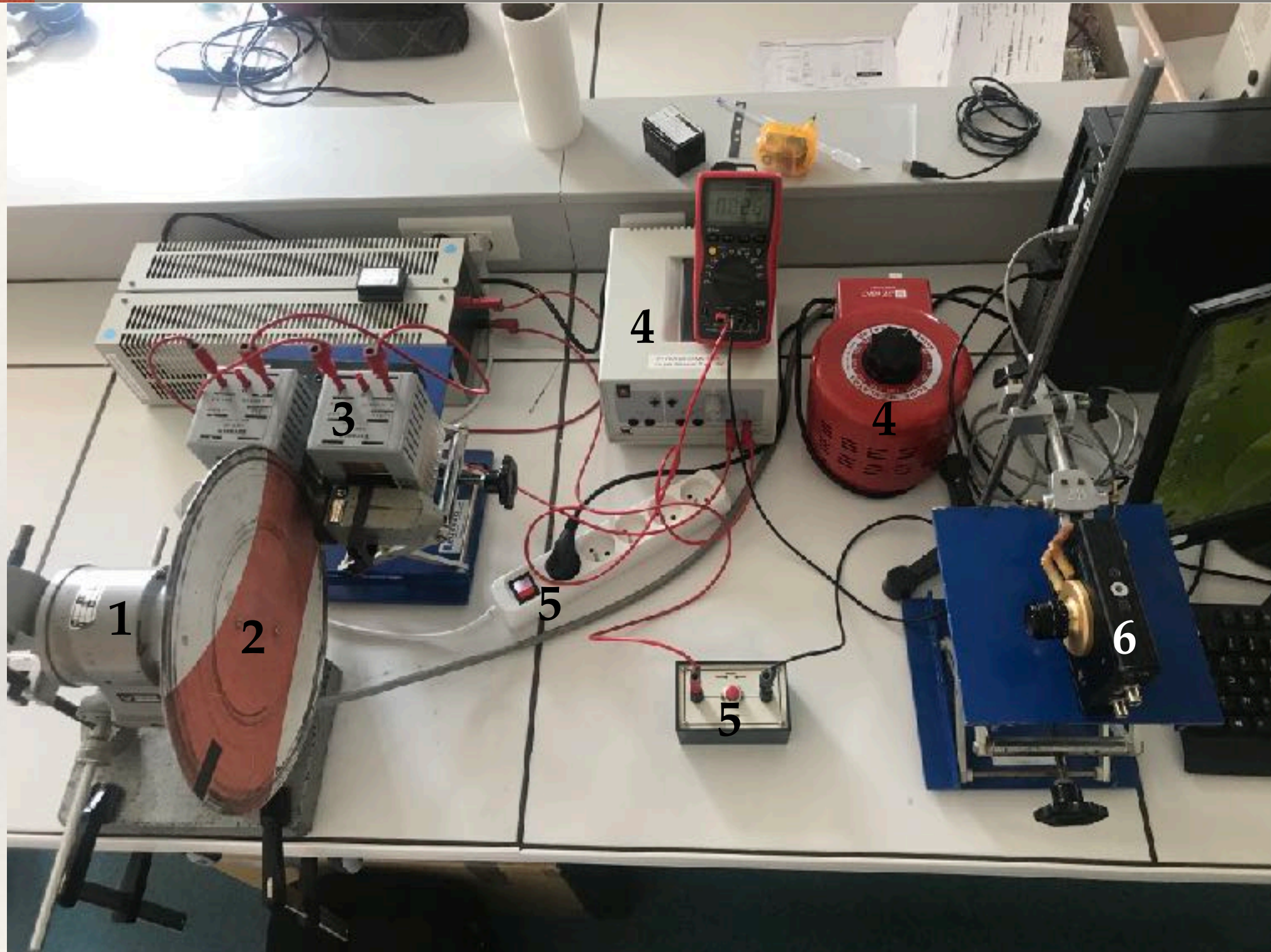


# Introduction

- ❖ Pourquoi le freinage électromagnétique ?
- ❖ En quoi correspond-t-il au thème de l'année ?





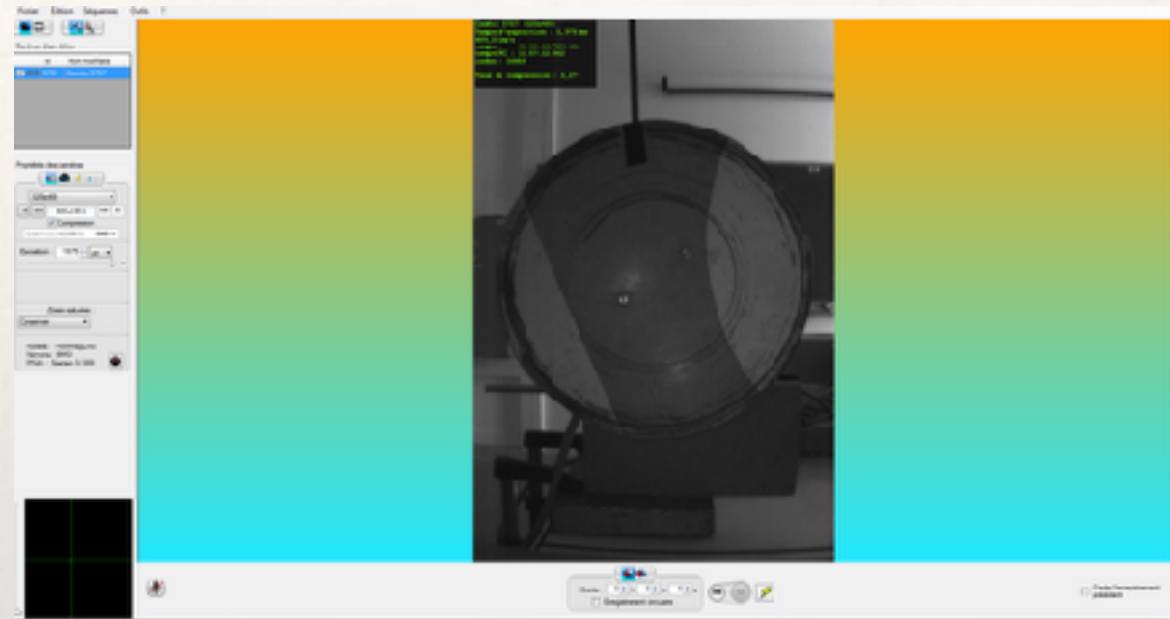


- Moteur 1 • Disque 2 • Deux bobines 3 • Générateurs 4
- Interrupteurs 5 • Camera rapide 6

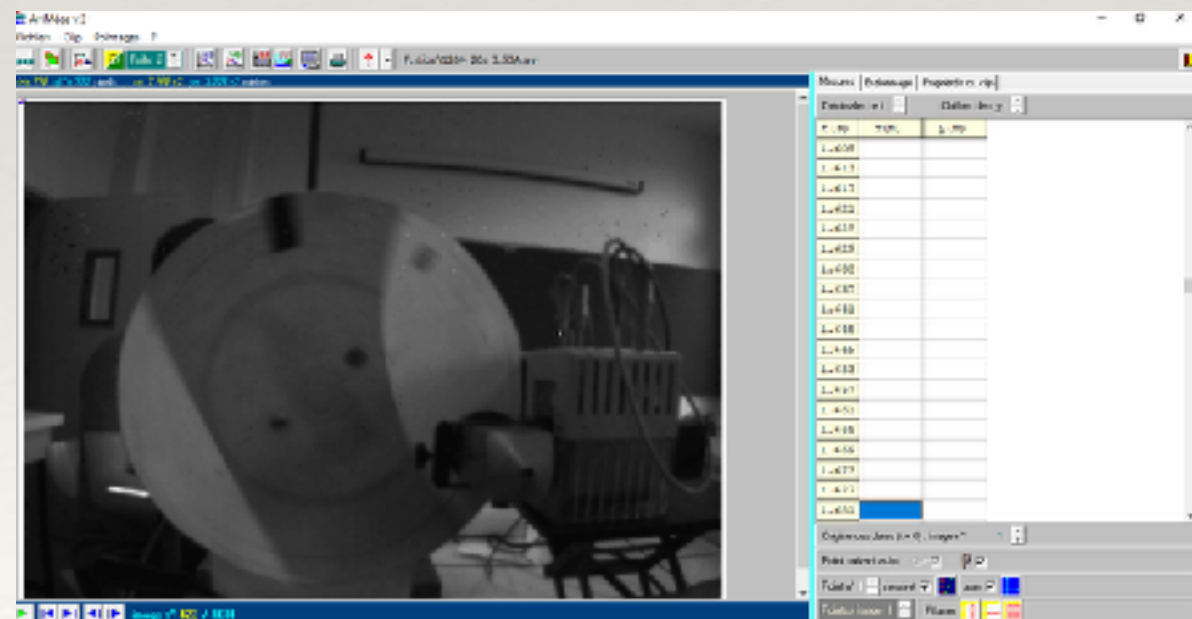
# Acquisition

Eye Motion

- ❖ Principe
- ❖ Logiciels



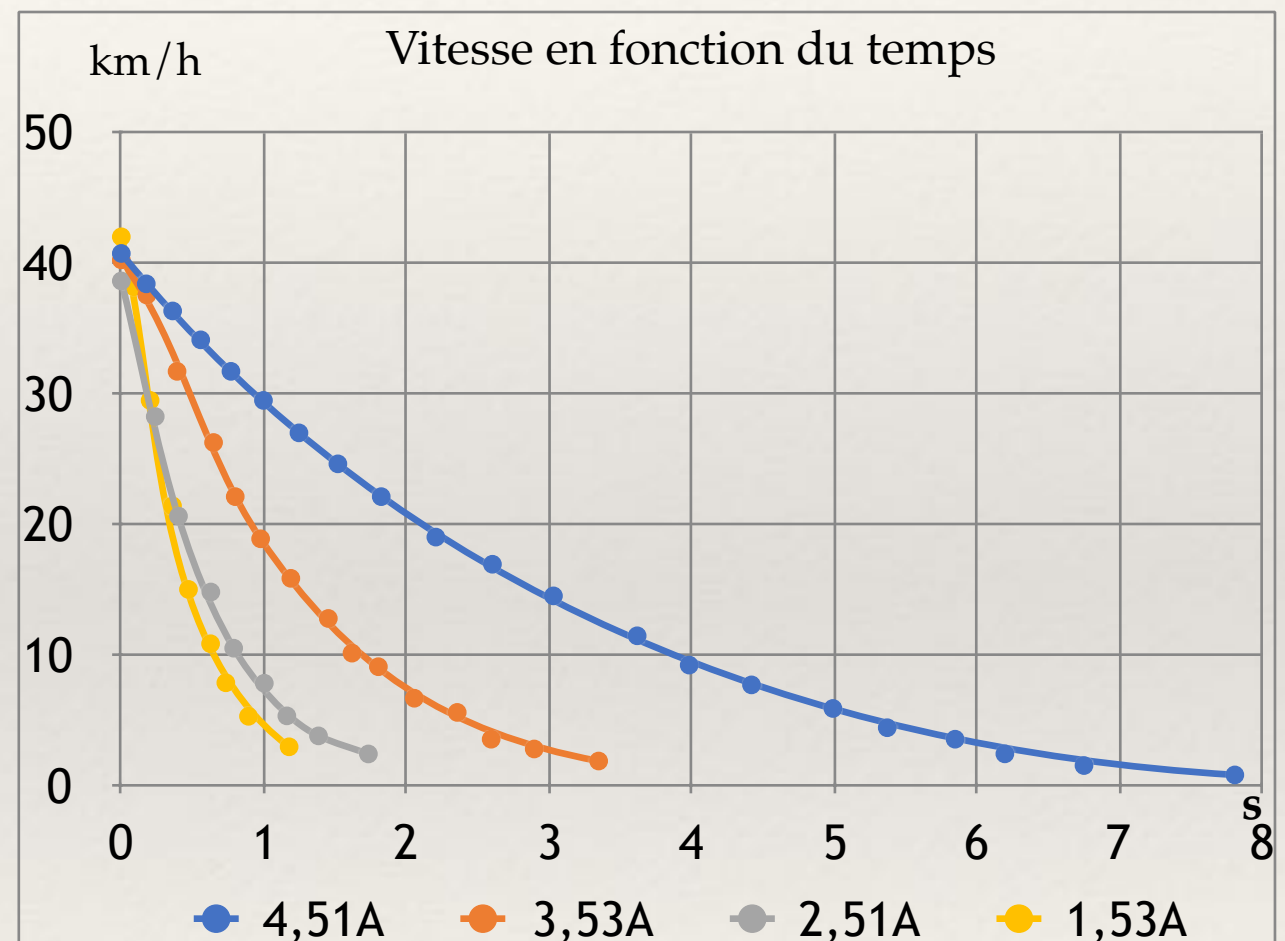
Aviméca





# Influence de l'intensité

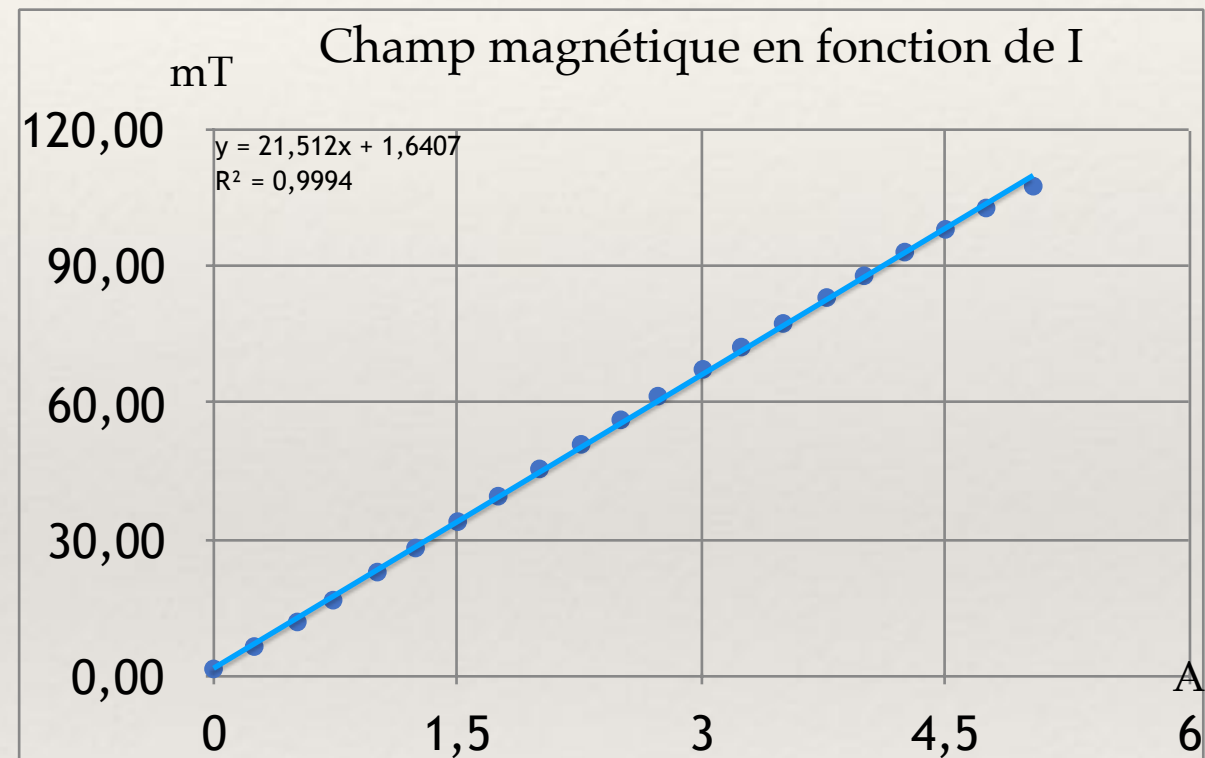
- ❖ Nos attentes
- ❖ Notre expérience
- ❖ Nos résultats



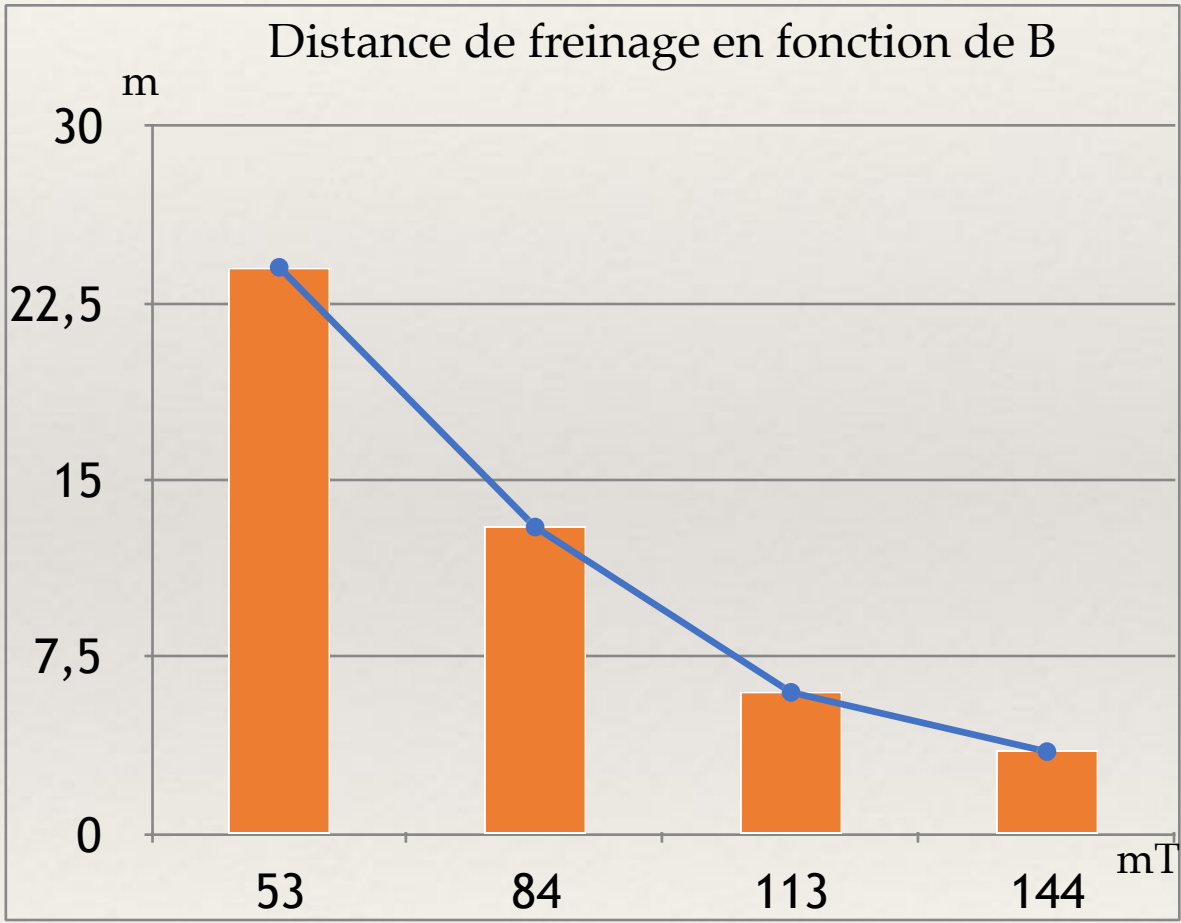
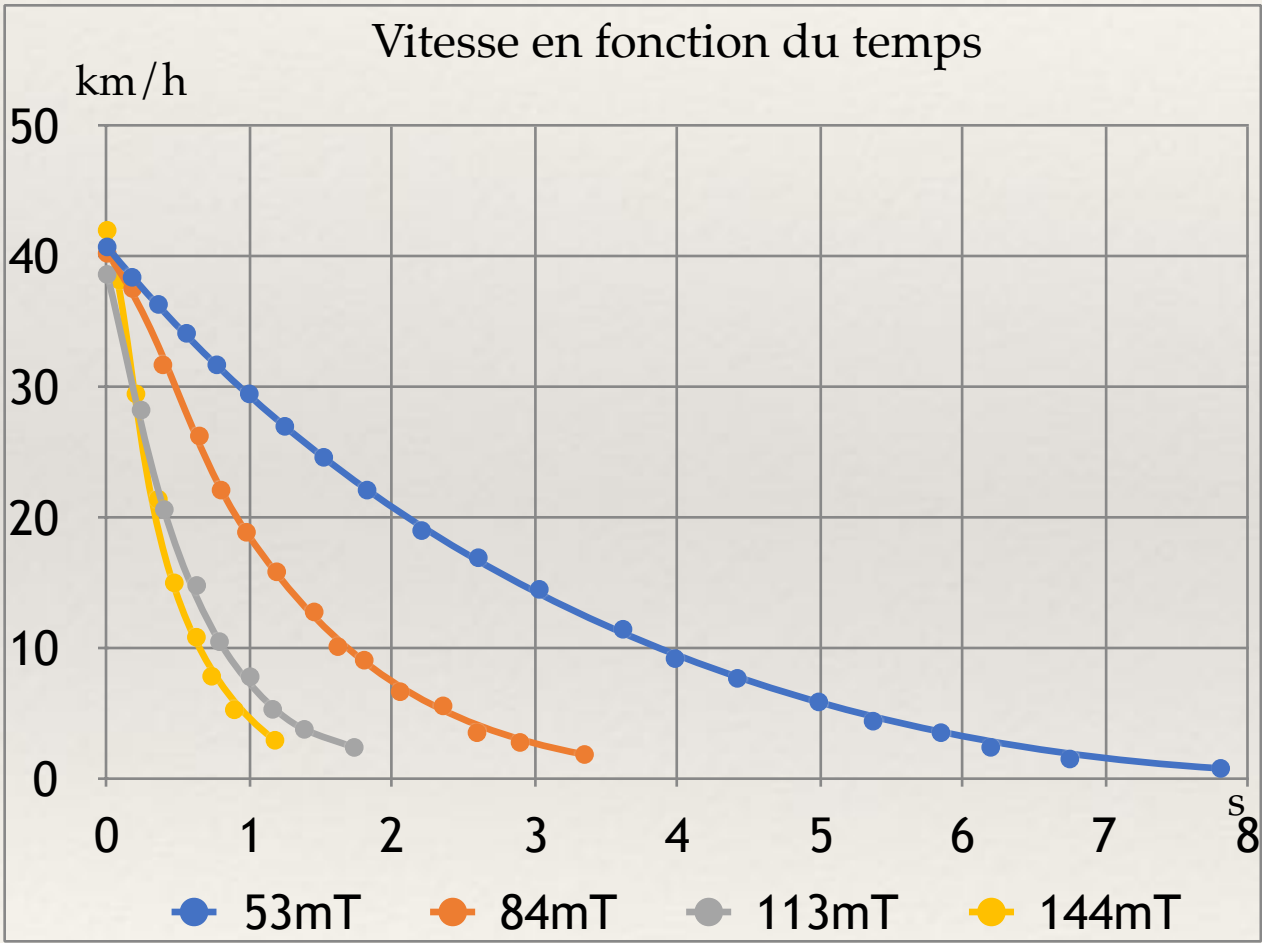
# Etalonnage

❖ Lien entre I et B

❖ Théorie :  $B = \frac{\mu_0 \cdot N}{e} \cdot I$



# Bilan





# Théorie

- ❖ Principe du flux coupé



- ❖ Force de Laplace  $\overrightarrow{dF} = i_{induit} \overrightarrow{dl} \wedge \overrightarrow{B}$

# Matériaux

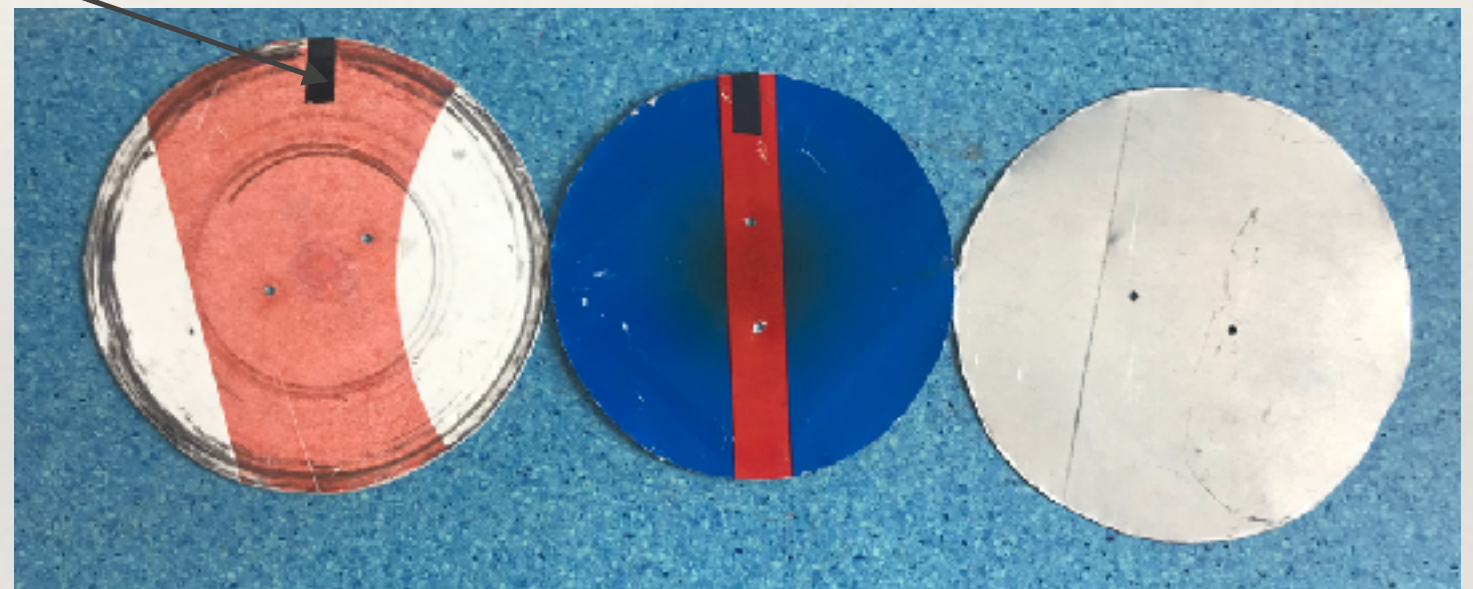
Repère

Aluminium

Alliage Alu et Mg

Zinc

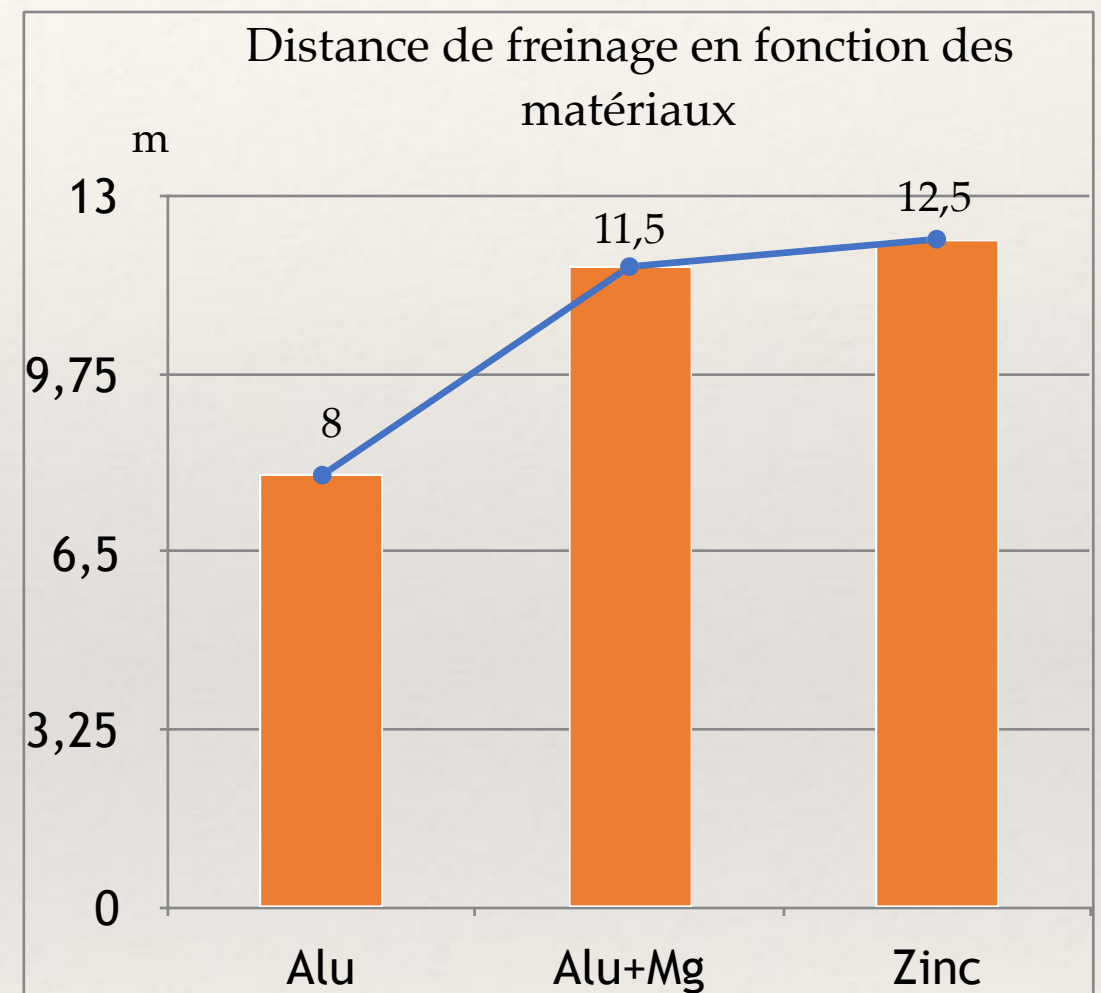
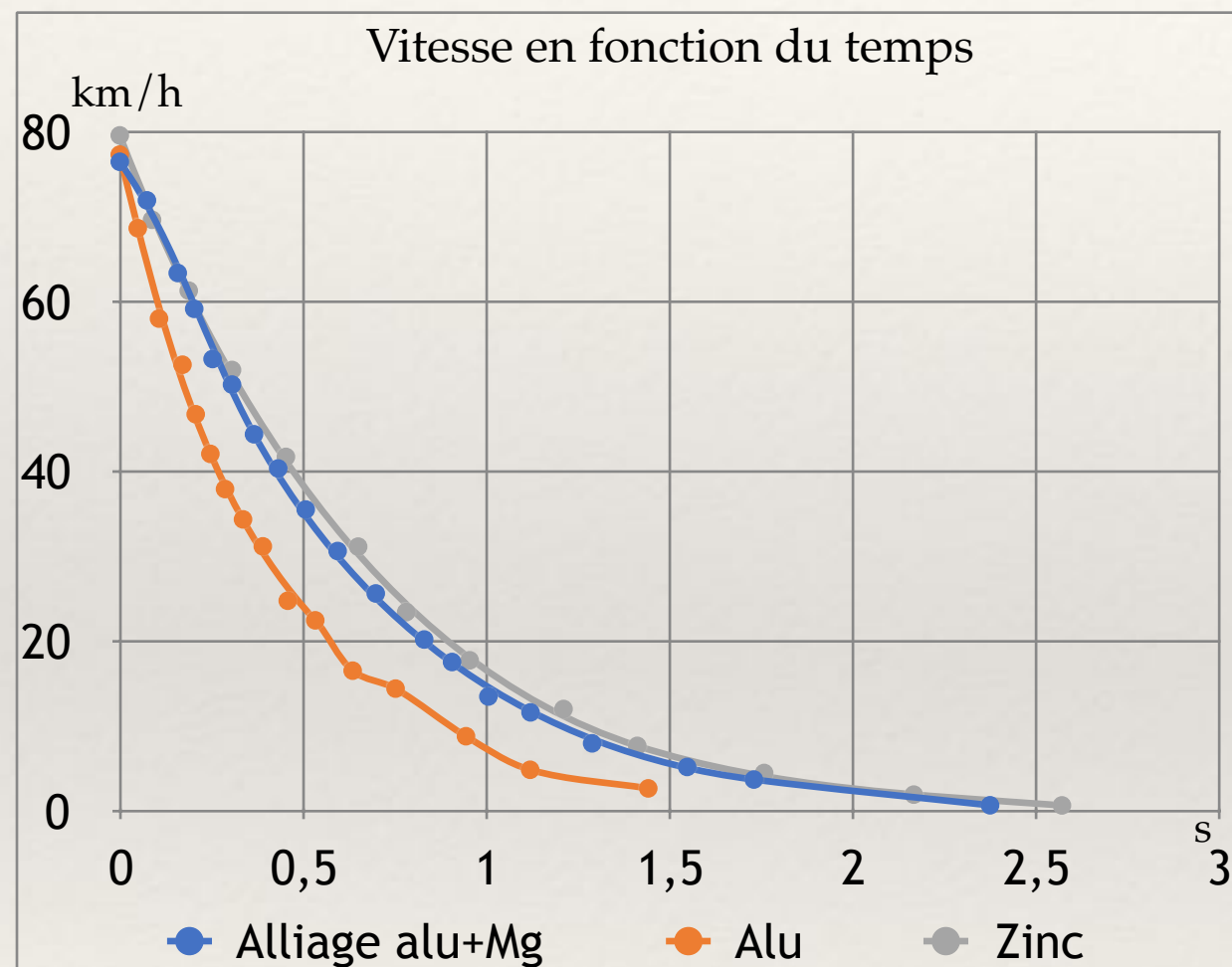
- ❖ Nos attentes
- ❖ Notre expérience
- ❖ Nos résultats



Famille des alliages aluminium et Magnesium est notée : 5000  
En France on retrouve du 5083, 5086 et 5754.



# Résultats



# Théorie

Métaux	Alu	Alliage	Zinc
Conductivité en $10^6 S/m$	39,6	18,0	16,6
Distance de freinage en m	8	11,5	12,5



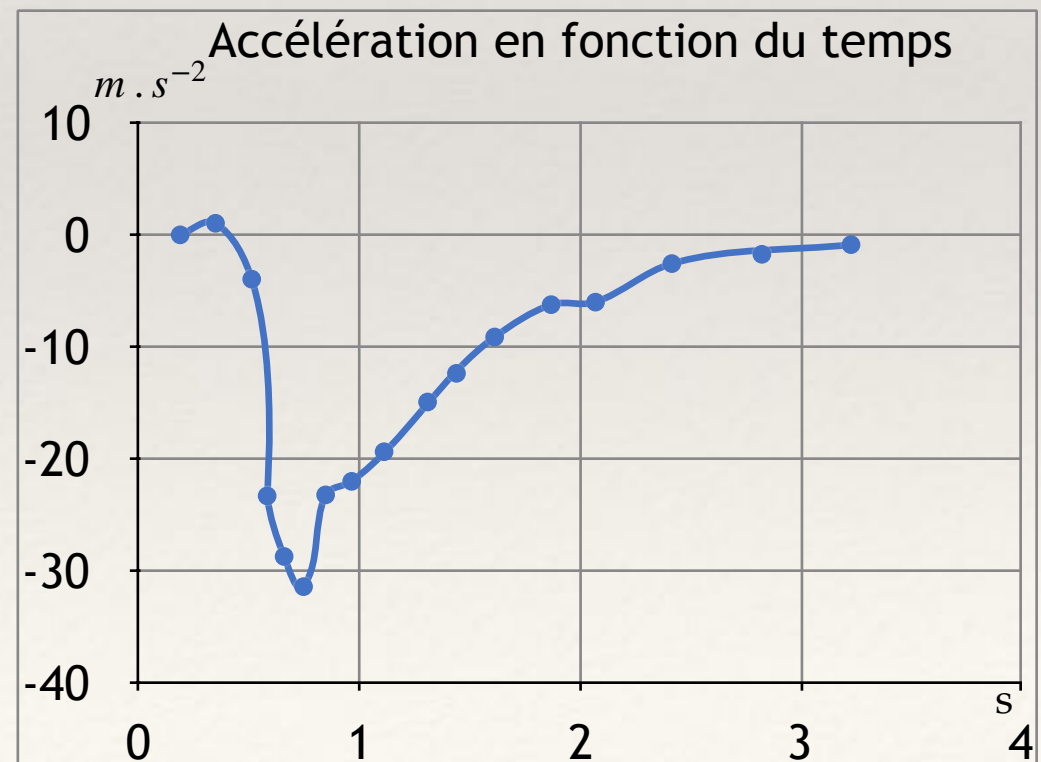
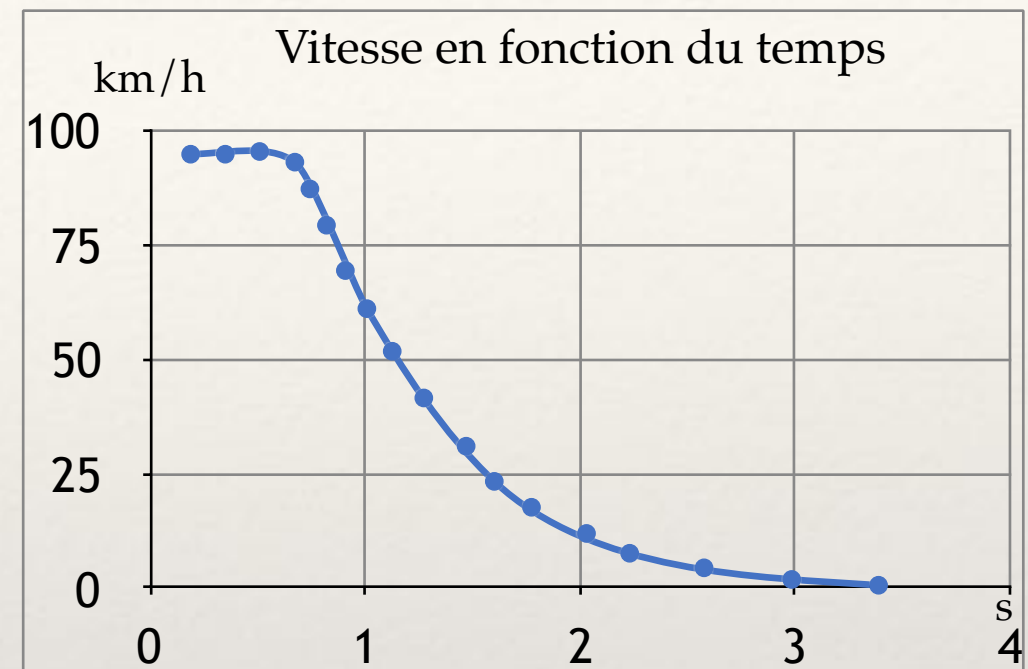
# Avantages et Inconvénients

## ❖ Avantages

- ❖ Bon freinage à haute vitesse
- ❖ Très faible échauffement
- ❖ Pas d'usure ( ni d'émission de particules fines)

## ❖ Inconvénient

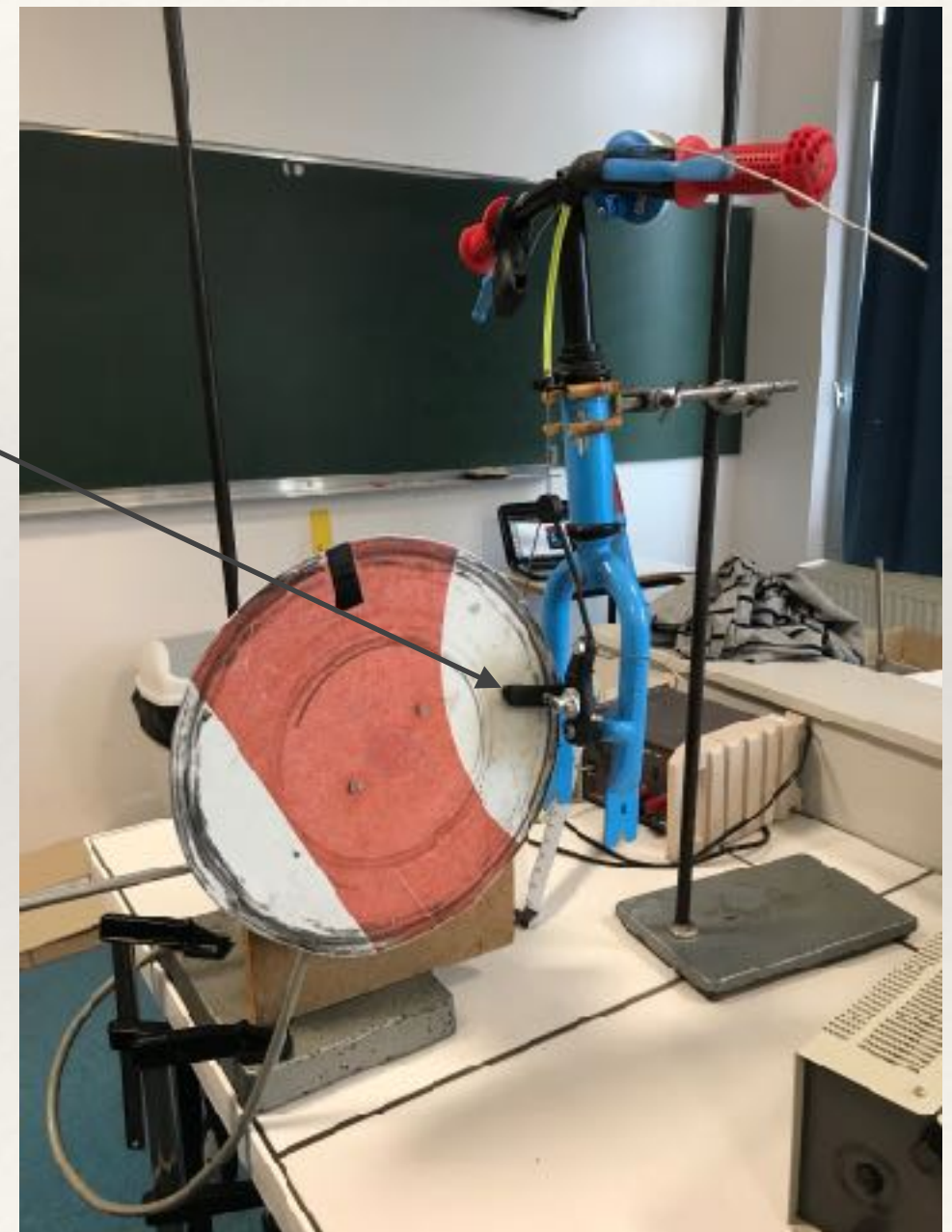
- ❖ Ralentisseur  $v(t) = v_0 \cdot e^{-\frac{c}{j} \cdot t}$



# Freinage mécanique

- ❖ Nos attentes
- ❖ Notre expérience
- ❖ Nos résultats

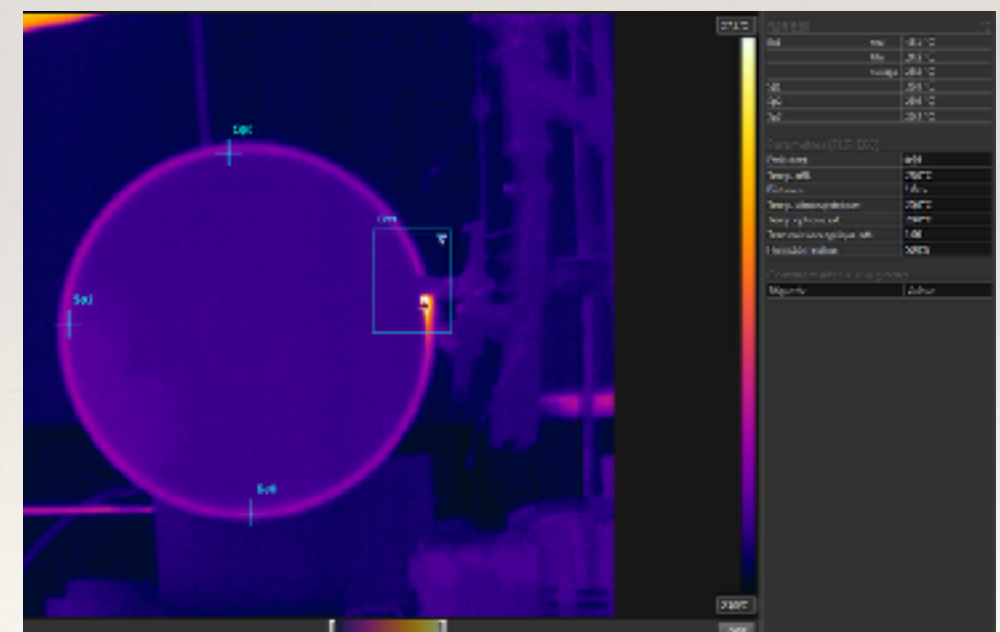
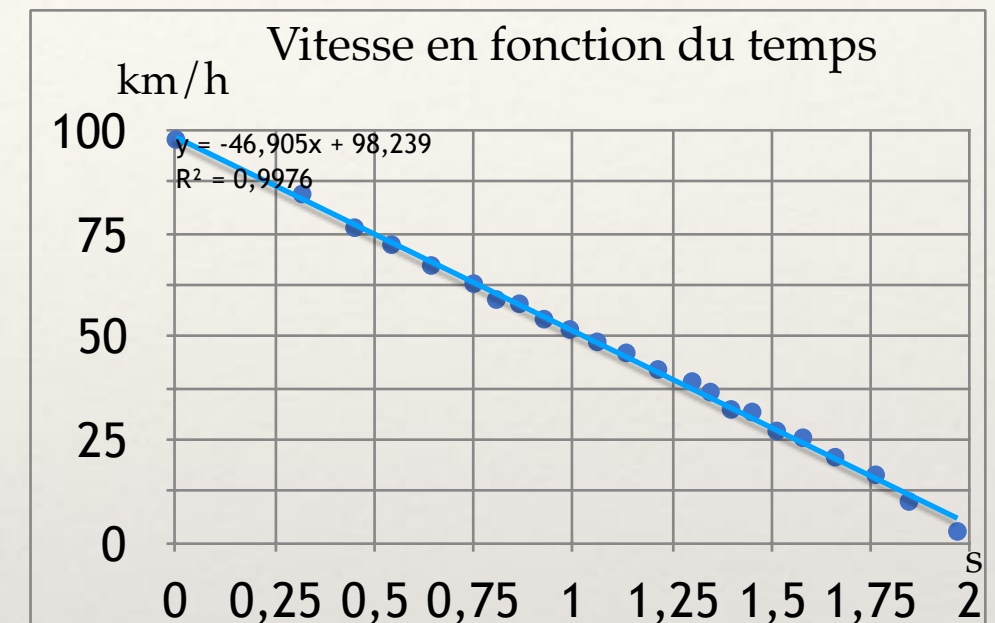
Patin





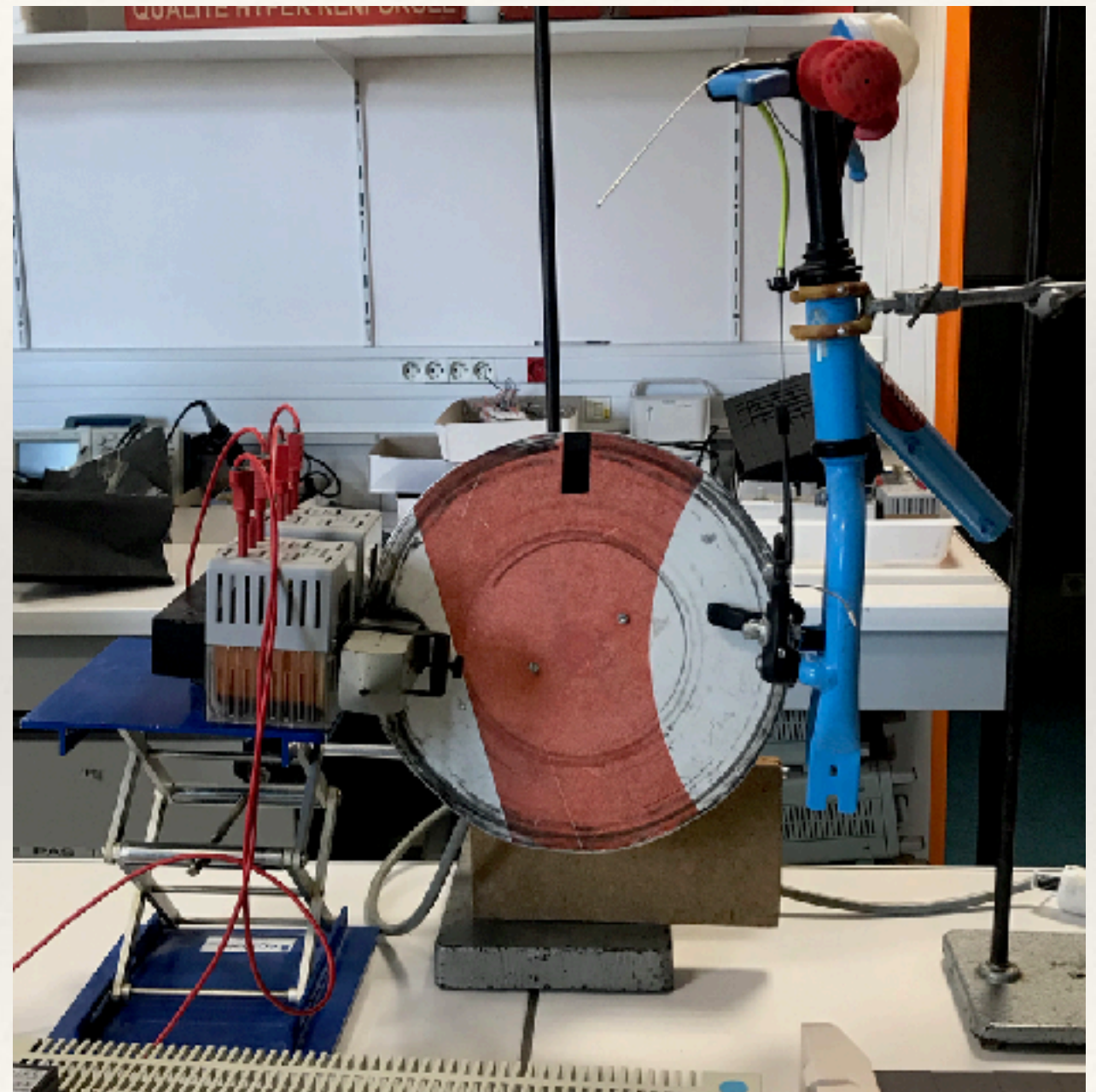
# Résultats

- ❖ Freinage linéaire :  $v(t) = -\frac{2.F}{m} \cdot t + v_0$
- ❖ Forte élévation de température
- ❖ Usure rapide



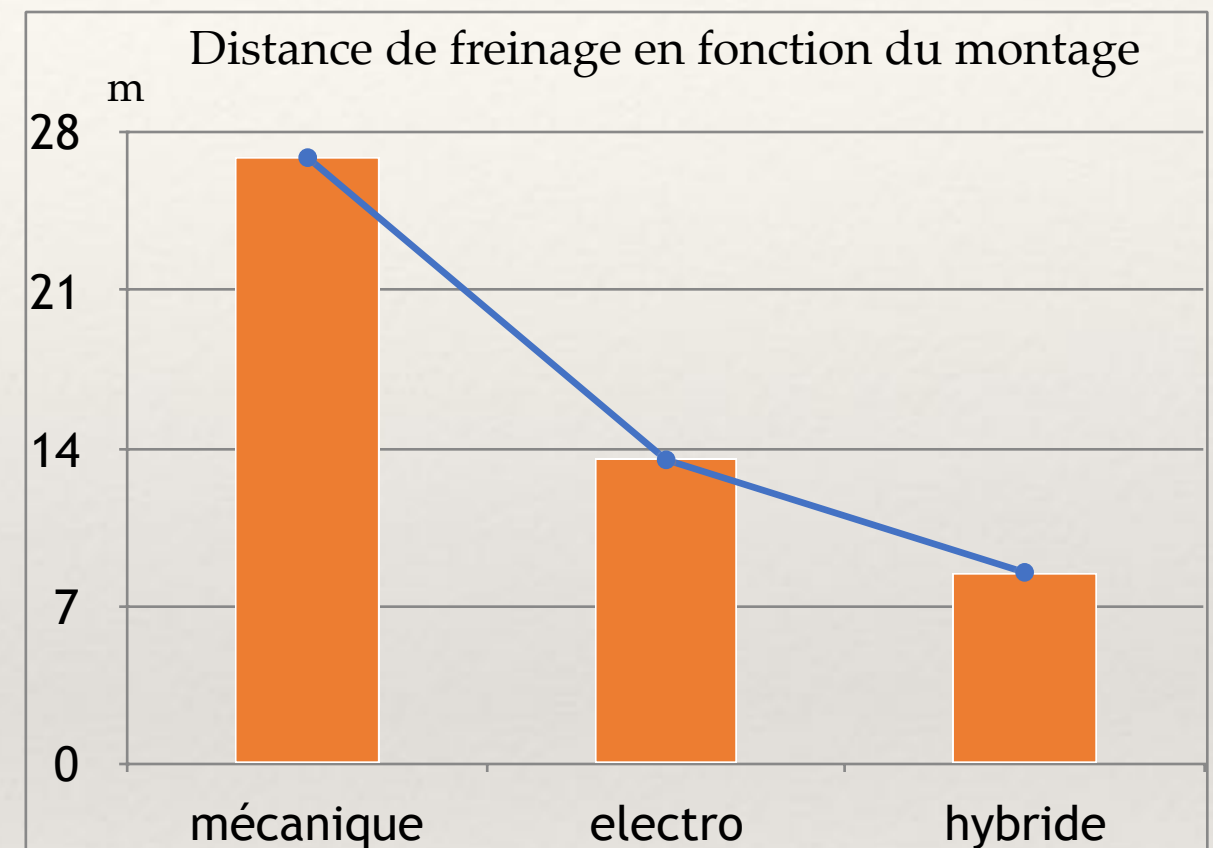
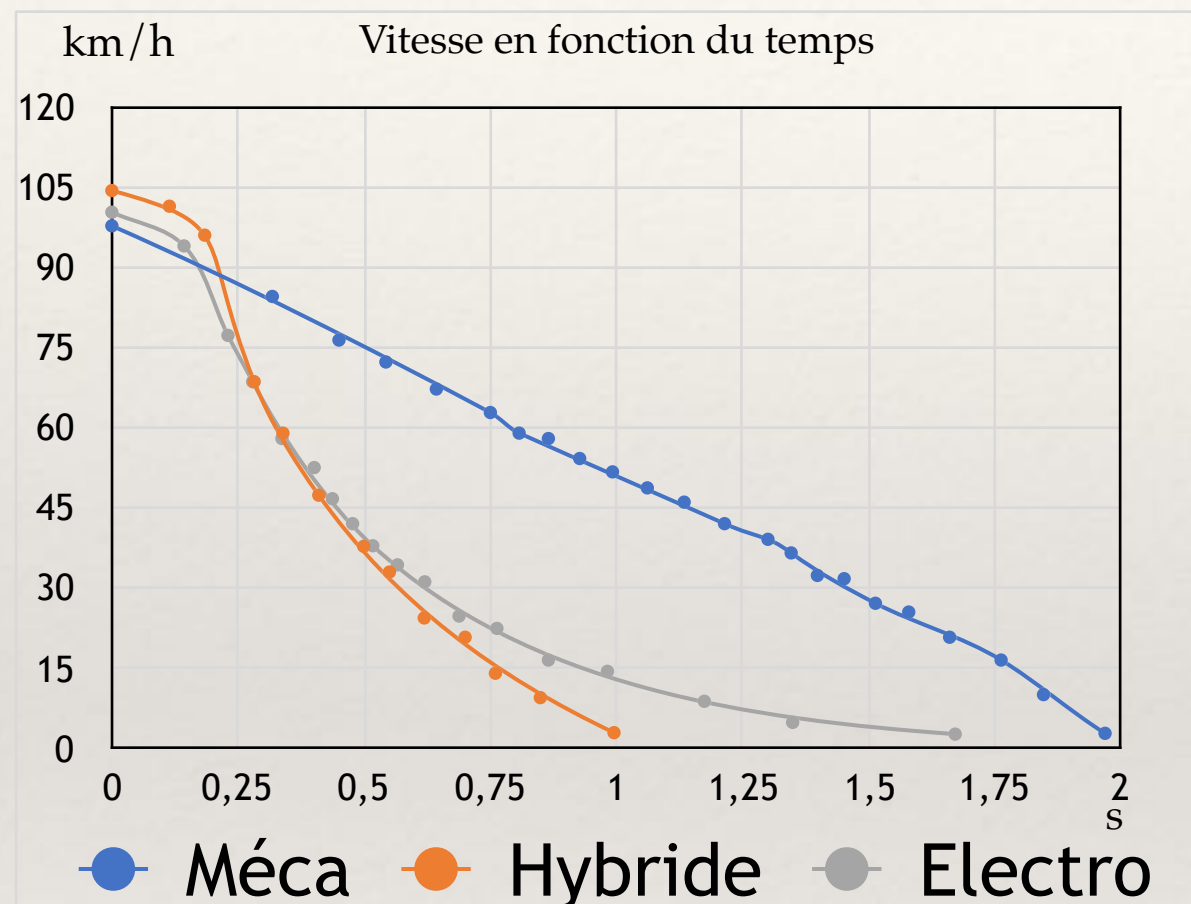
# Hybride

- ❖ Nos attentes
- ❖ Notre expérience
- ❖ Nos résultats





# Résultats



$$V_{hybride}(t) = A'e^{-\frac{c}{J} \cdot t} - B'$$

Gain de 37% par rapport au freinage électromagnétique  
Gain de 68% par rapport au freinage mécanique

# Conclusion

- ❖ Répond aux problématiques actuelles : pollution et sécurité.
- ❖ Problème de place

# Freinage Electromagnétique

- Expression de  $F_{lap}$

$$\overrightarrow{dF_{lap}} = i \cdot \overrightarrow{dl} \wedge \overrightarrow{B}$$

$$\overrightarrow{F_{lap}} = -i \cdot l \cdot B \cdot \overrightarrow{u_\theta}$$

- Recherche de  $i$ :

$$\phi = \overrightarrow{B} \cdot \overrightarrow{S} = \frac{B(R_2^2 - R_1^2)\alpha}{2}$$

$$e = \frac{B(R_2^2 - R_1^2)w}{2}$$

$$e = R \cdot i \Leftrightarrow i = \frac{B(R_2^2 - R_1^2)w}{2R}$$

- Expression finale de  $F_{lap}$

$$\overrightarrow{F_{lap}} = - \frac{B^2(R_2^2 - R_1^2)w \cdot l}{2R} \overrightarrow{u_\theta}$$

- Moment

$$\overrightarrow{M} = - \left(R_1 + \frac{l}{2}\right) \cdot \frac{B^2(R_2^2 - R_1^2) \cdot w \cdot l}{2R} \overrightarrow{u_z}$$

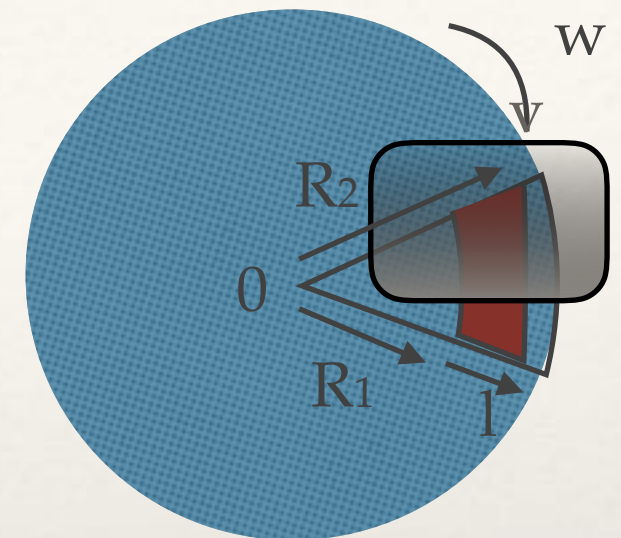
$$\overrightarrow{M} = -C \cdot w \cdot \overrightarrow{u_z}$$

- Théorème des moments

$$-C \cdot w = j \cdot \frac{dw}{dt}$$

$$w(t) = w_0 \cdot e^{-\frac{C}{j} \cdot t}$$

avec  $j = \frac{m \cdot R^2}{2}$



$\alpha$  : l'angle formé



# FREINAGE MECANIQUE

- Bilan des forces :

Poids, Réaction du support,  $F_{\text{frottement}}$

- Calcul des Moments :  $\vec{M}(\vec{P}) = \vec{0}$

$$\vec{M}(\vec{R}) = \vec{0}$$

$$\vec{M}(\vec{F}) = -r \cdot F \cdot \vec{u}_z$$

- Théorème des Moments :  $J \frac{dw}{dt} = -r \cdot F$

- Equation du mouvement :

$$w(t) = -\frac{r \cdot F}{J} \cdot t + w_0$$

- Or pour un cylindre plein :  $J = \frac{m \cdot r^2}{2}$

- Finalement :  $w(t) = -\frac{2 \cdot F}{m \cdot r} \cdot t + w_0$

$$v(t) = -\frac{2 \cdot F}{m} \cdot t + v_0$$

# Freinage Hybride

- D'après les résultats précédents :

$$\vec{M}(\vec{F}_{frott}) = -r \cdot F \cdot \vec{u}_z$$

$$\vec{M}(\vec{F}_{lap}) = -C \cdot w \cdot \vec{u}_z$$

- Théorème des Moments :

$$-r \cdot F - C \cdot w = J \cdot \frac{dw}{dt} \Leftrightarrow \frac{dw}{dt} + \frac{C}{J} \cdot w = -\frac{r \cdot F}{J}$$

- Solution Homogène :  $w_h(t) = \lambda \cdot e^{-\frac{C}{J} \cdot t}$

- Solution Particulière :  $w_p(t) = -\frac{r \cdot F}{C}$

- Solution :  $w(t) = \lambda \cdot e^{-\frac{C}{J} \cdot t} - \frac{r \cdot F}{C}$

- Condition initiale :  $w(t=0) = w_0$

- Solution finale :

$$w(t) = (w_0 - \frac{r \cdot F}{C}) \cdot e^{-\frac{C}{J} \cdot t} - \frac{r \cdot F}{C}$$

$$w(t) = A \cdot e^{-\frac{C}{J} \cdot t} - B$$

D'où  $v(t) = A' e^{-\frac{C}{J} \cdot t} - B'$

# Champ Bobine

- Conservation du flux :

$$B_{air} \cdot S = B_{fer} \cdot S$$

$$B_{air} = B_{fer}$$

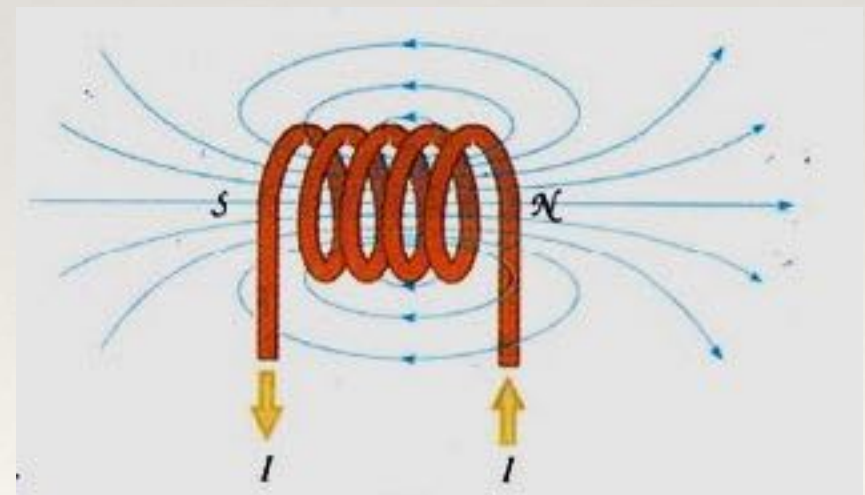
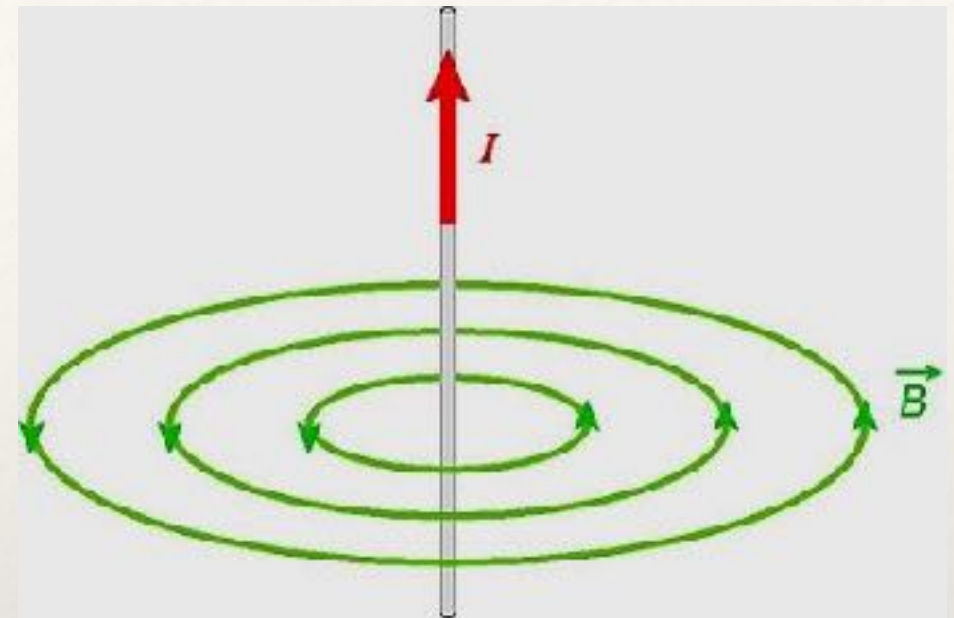
- Application du théorème d'ampère :

$$H_{air} + H_{fer} \cdot l = N \cdot I$$

$$\Leftrightarrow \frac{B}{\mu_0} \cdot e + \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_r} \cdot l = N \cdot I$$

- Approximation d'une perméabilité infinie pour le fer :

$$\frac{B}{\mu_0} \cdot e \simeq N \cdot i \Leftrightarrow B \simeq \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{e}$$





# Alliage

Alliage	Composition en %								Masse volumique kg.dm <sup>-3</sup>	Conductivité électrique %IACS	Conductivité thermique W.m-1.K-1
	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Pb			
1050A	0,20	0,15							2,70	62	231
2017A		0,50	4,0	0,7	0,7				2,79	34	134
2024			4,3	0,6	1,5				2,77	30	120
2030			3,9	0,6	0,9			1,1	2,82	34	135
5083				0,7	4,4	0,15			2,66	29	120
5086				0,4	4,0	0,15			2,66	31	126
5754				0,3	3,1	0,3			2,67	33	132
6060	0,20	0,45			0,48				2,70	52	200
6082		1,00		0,7	0,9				2,71	41	174
7075			1,6		2,5	0,23	5,6		2,80	33	130

## Divers

Unité 1			
1	Electrical cond. (%IACS) --> Electrical cond.(MS/m))	=	C1=C2*0.58
31	Electrical cond. (%IACS) --> Electrical cond.(MS/m))	=	17.98

# Construction

Tracé



Découpe



Perçage





# Freinage Telma

