

Freinage à courants de Foucault

Mathis PAPIN
candidat n°11986



Sommaire

I - Ancrage dans le thème de l'année

II - Principe de fonctionnement

III - Différents paramètres :

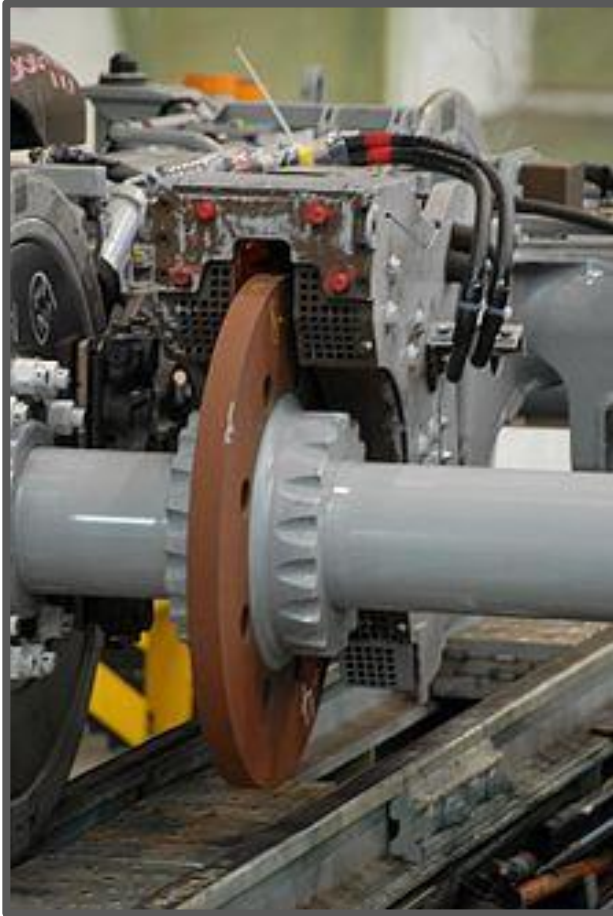
1- Influence de l'intensité

2- Influence du choix des matériaux

3- Influence de la température

IV- Couplage avec un système de freinage classique

I - Ancrage dans le thème : La ville



Système de freinage à courants de
foucault

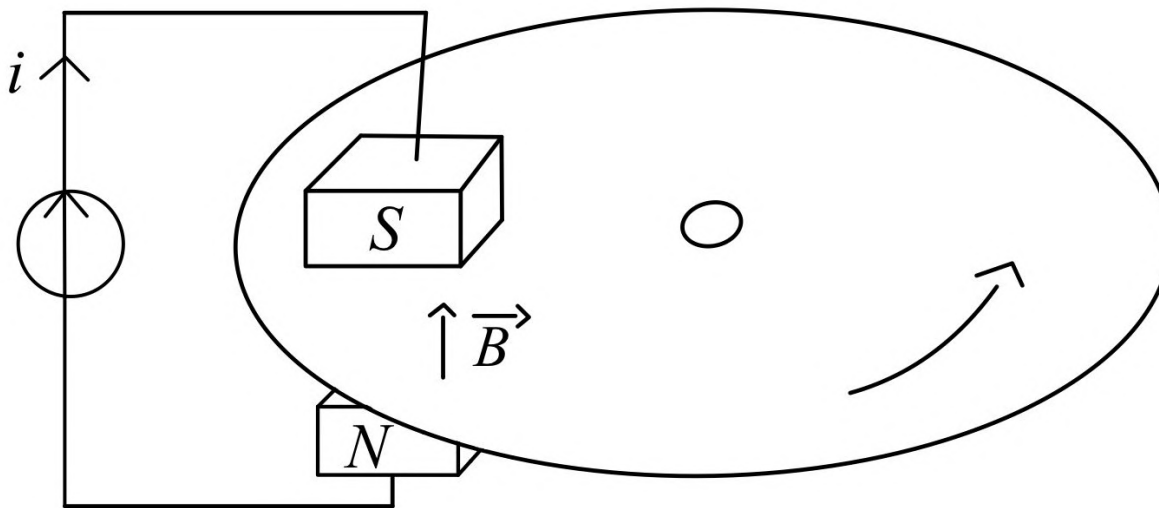


Entreprise Telma



Tramway Luxembourg

II- Principe de fonctionnement



► Loi de Lenz

► Force de Laplace :

$$\overrightarrow{dF} = i_{induit} \overrightarrow{dl} \wedge \overrightarrow{B}$$

Schéma du fonctionnement des freins à courants de Foucault

► Matériel utilisé

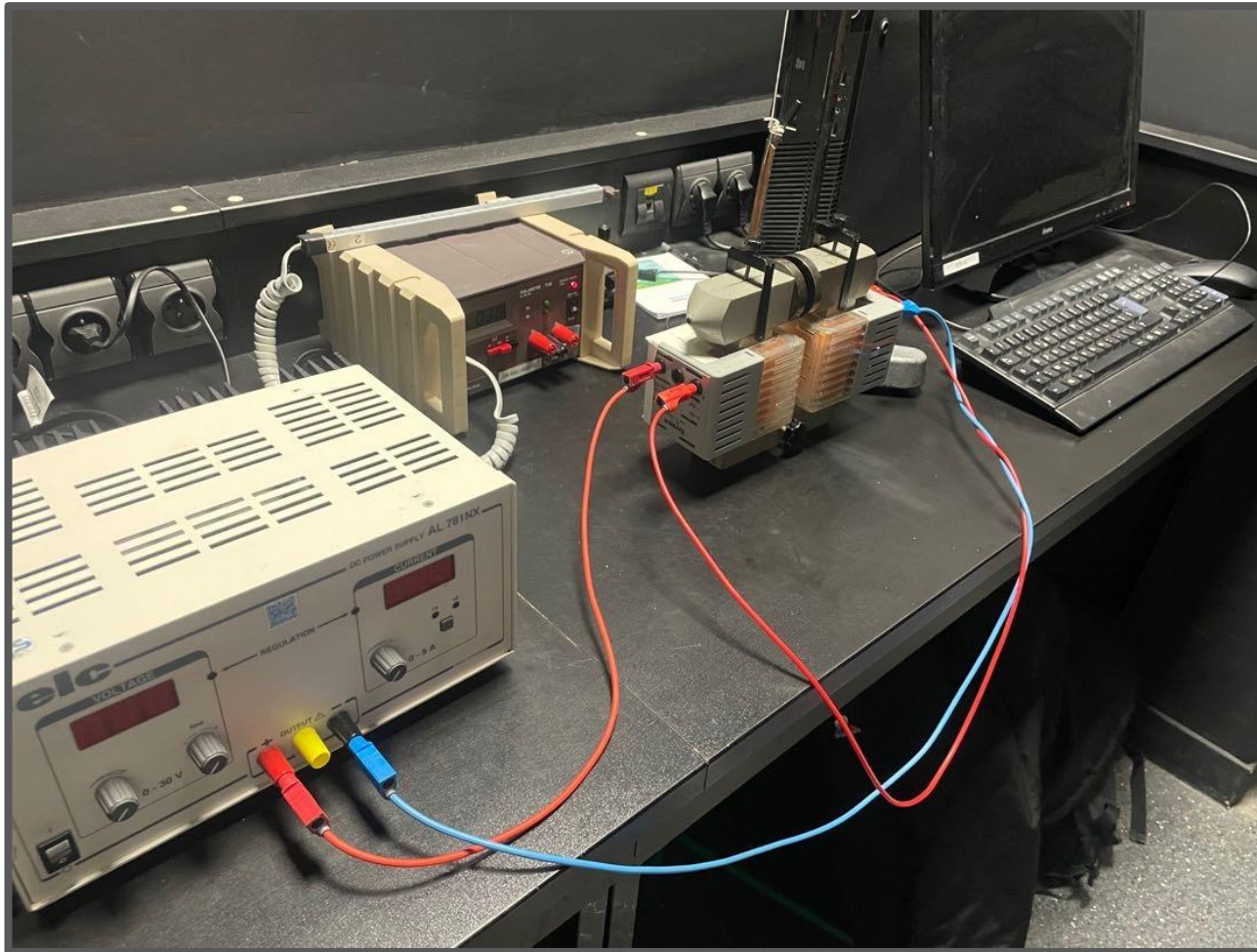


Plaque de cuivre et d'Aluminium



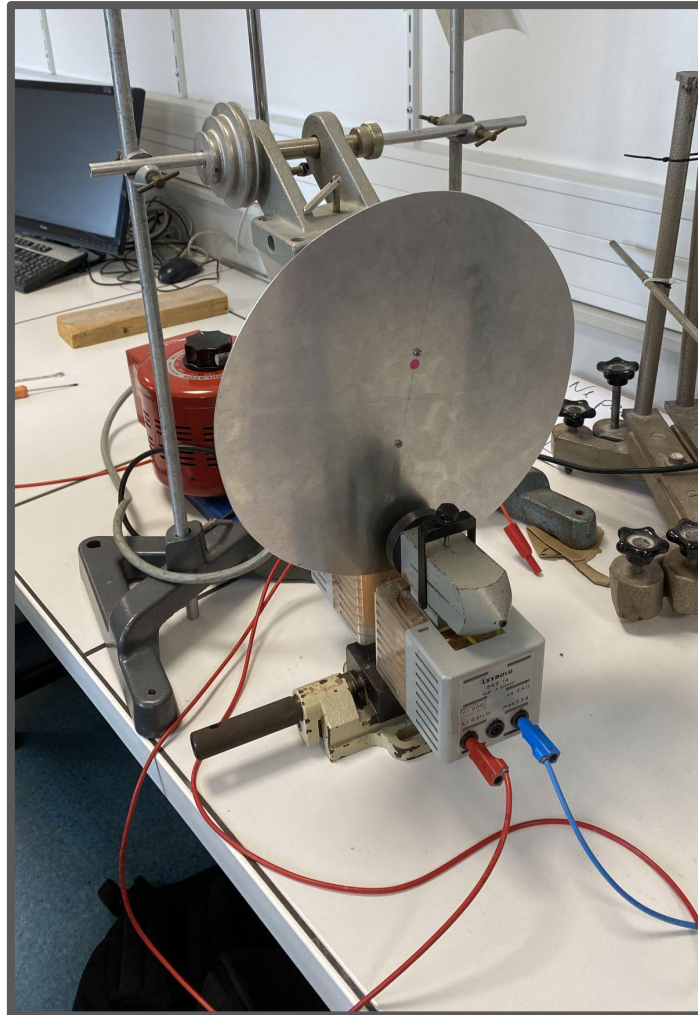
Perçage des trous pour lier les disques au moteur

► Montage



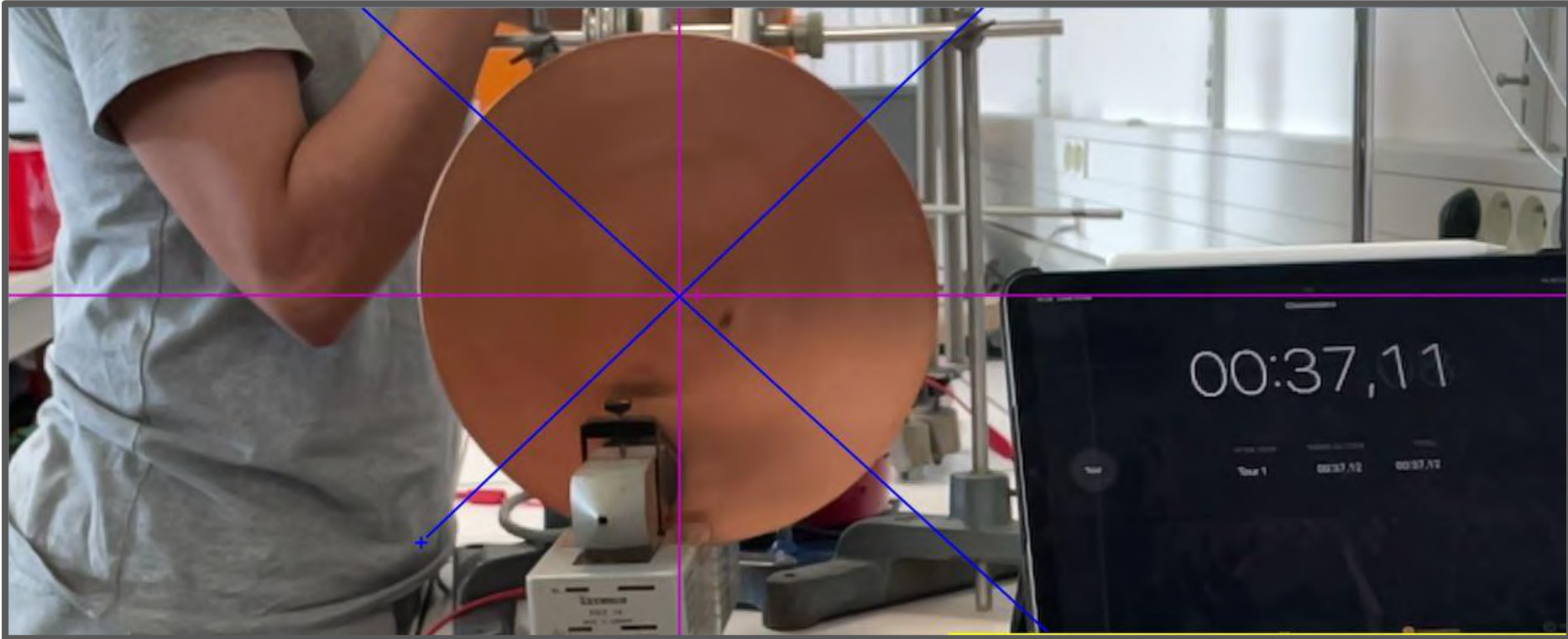
Montage utilisé lors des expériences

► Montage



Système de freinage installé sur le disque d'aluminium

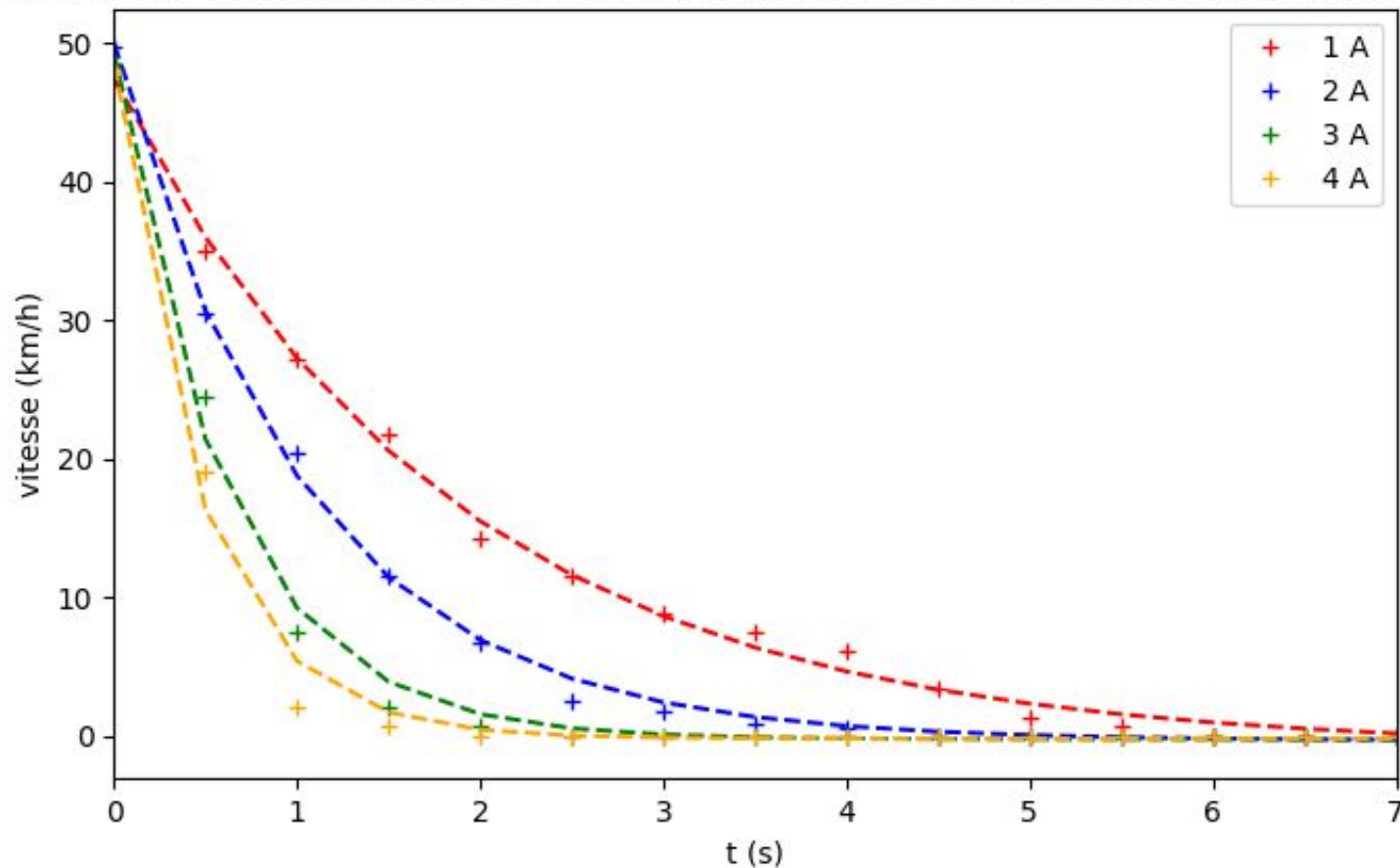
► Exploitation des expériences



Détermination de la vitesse du disque au cours du temps

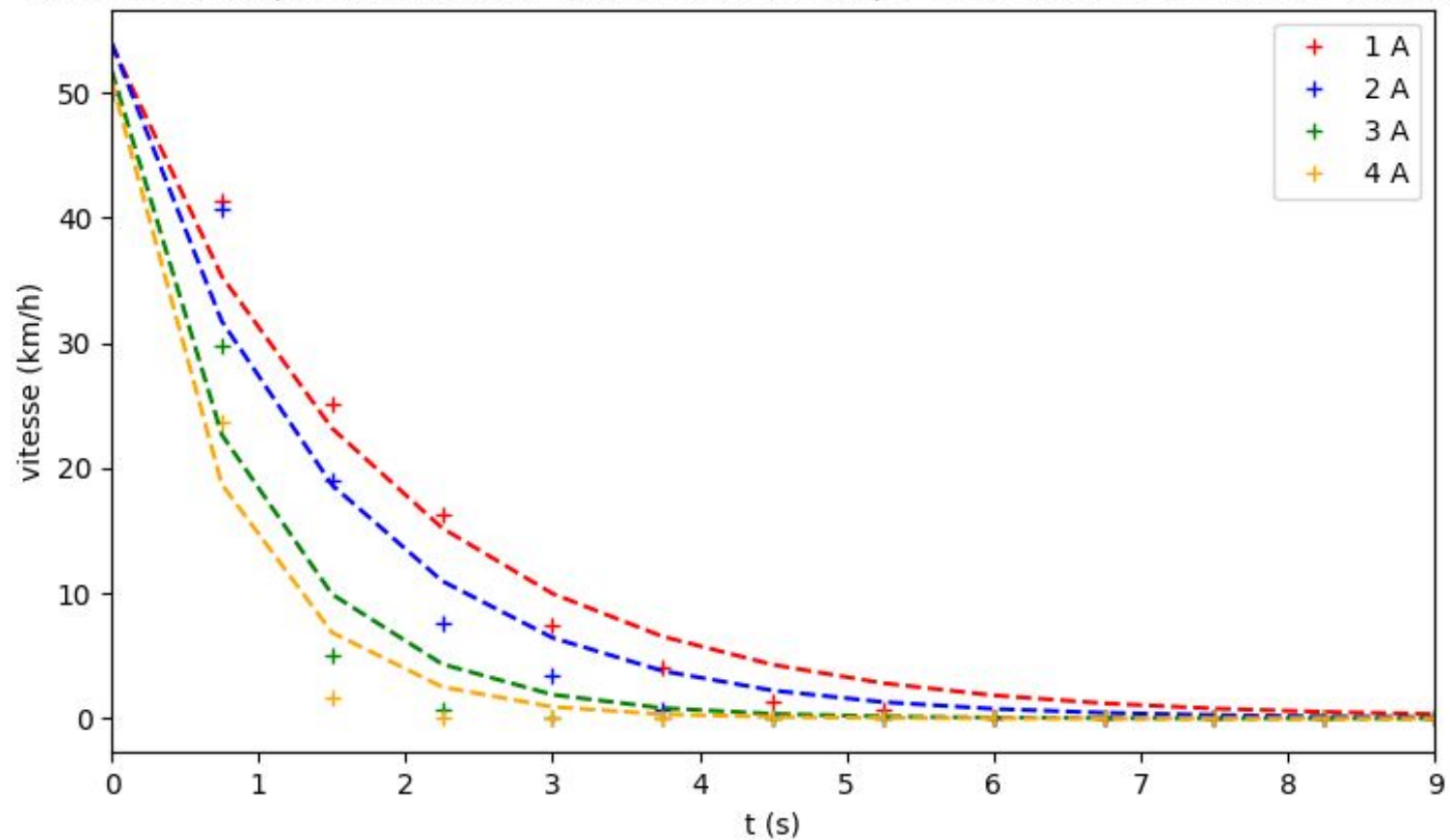
1- Influence de l'intensité

Vitesse du disque de cuivre en fonction du temps et de différentes valeurs d'intensité

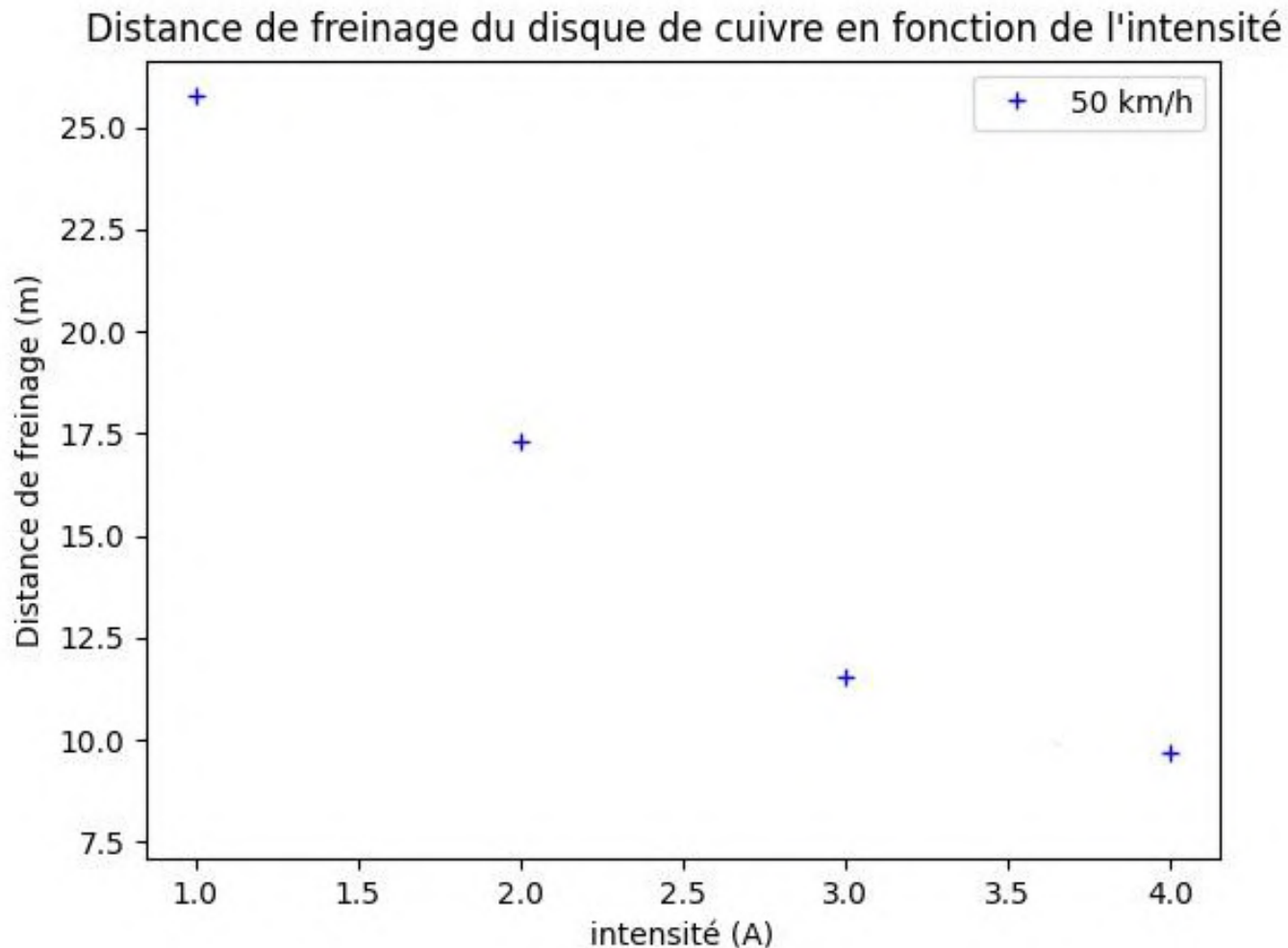


1- Influence de l'intensité

Vitesse du disque d'Aluminium en fonction du temps et de différentes valeurs d'intensité

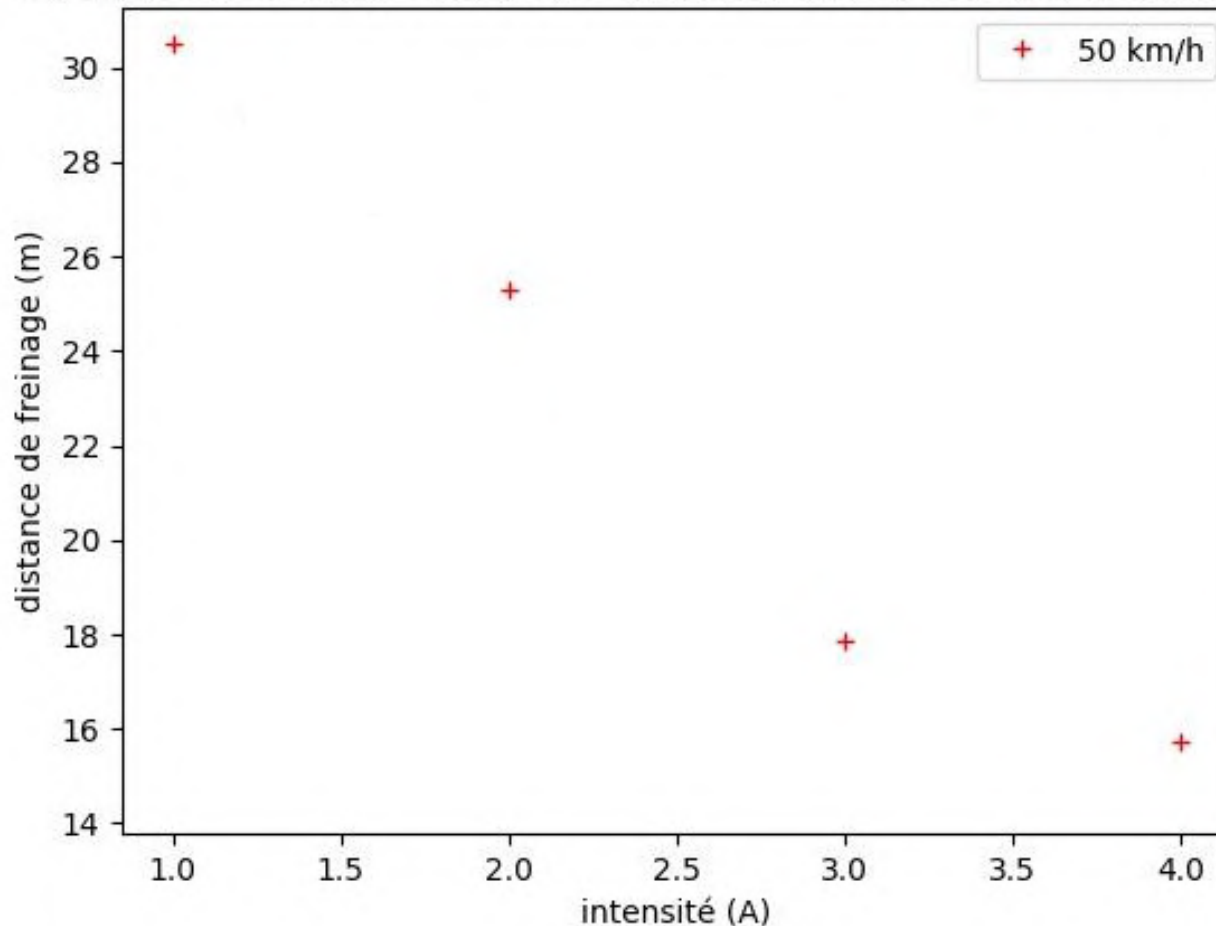


1- Influence de l'intensité

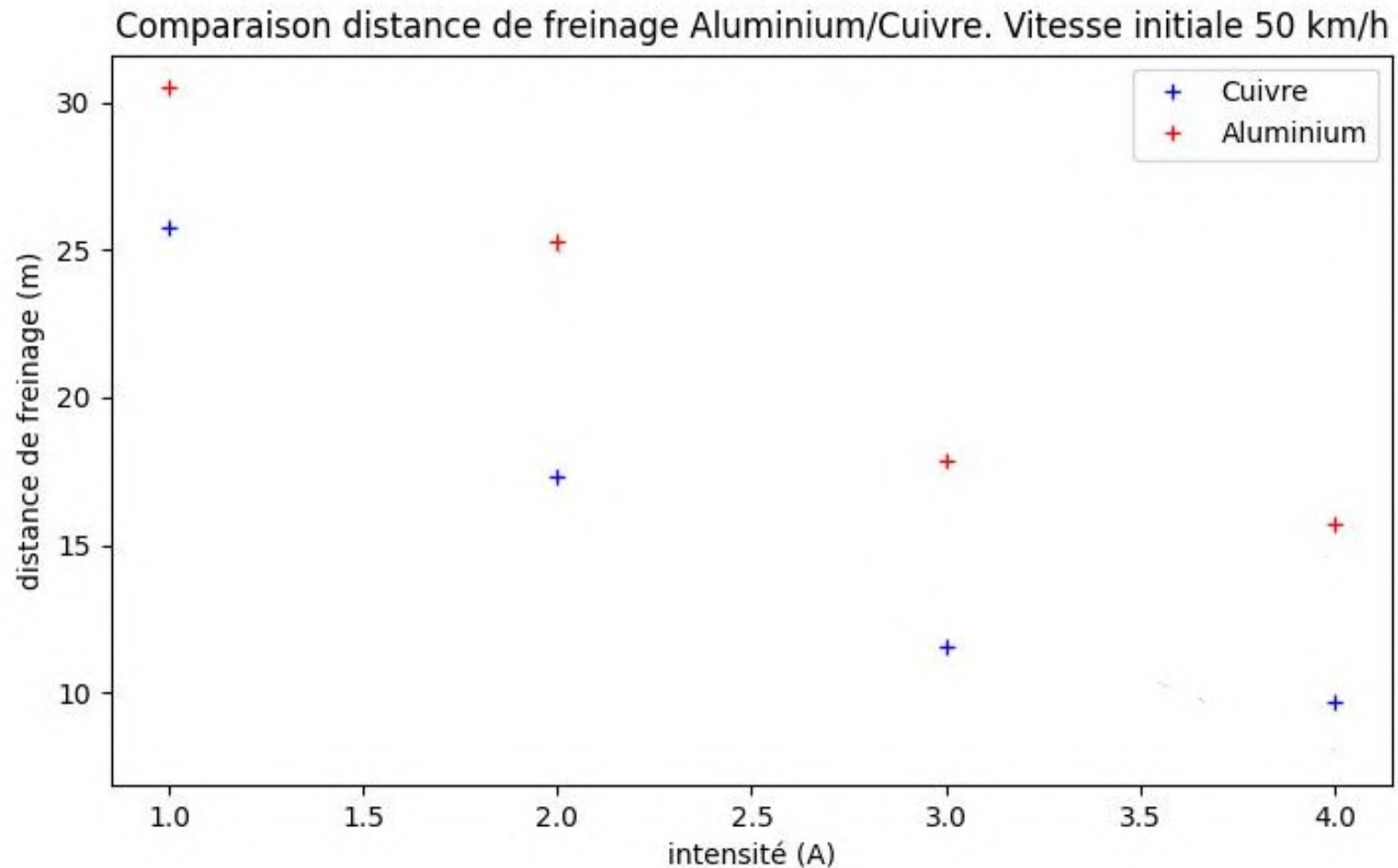


1- Influence de l'intensité

Distance de freinage du disque d'Aluminium en fonction de l'intensité



2- Comparaison Cuivre / Aluminium



3 - Influence de la température

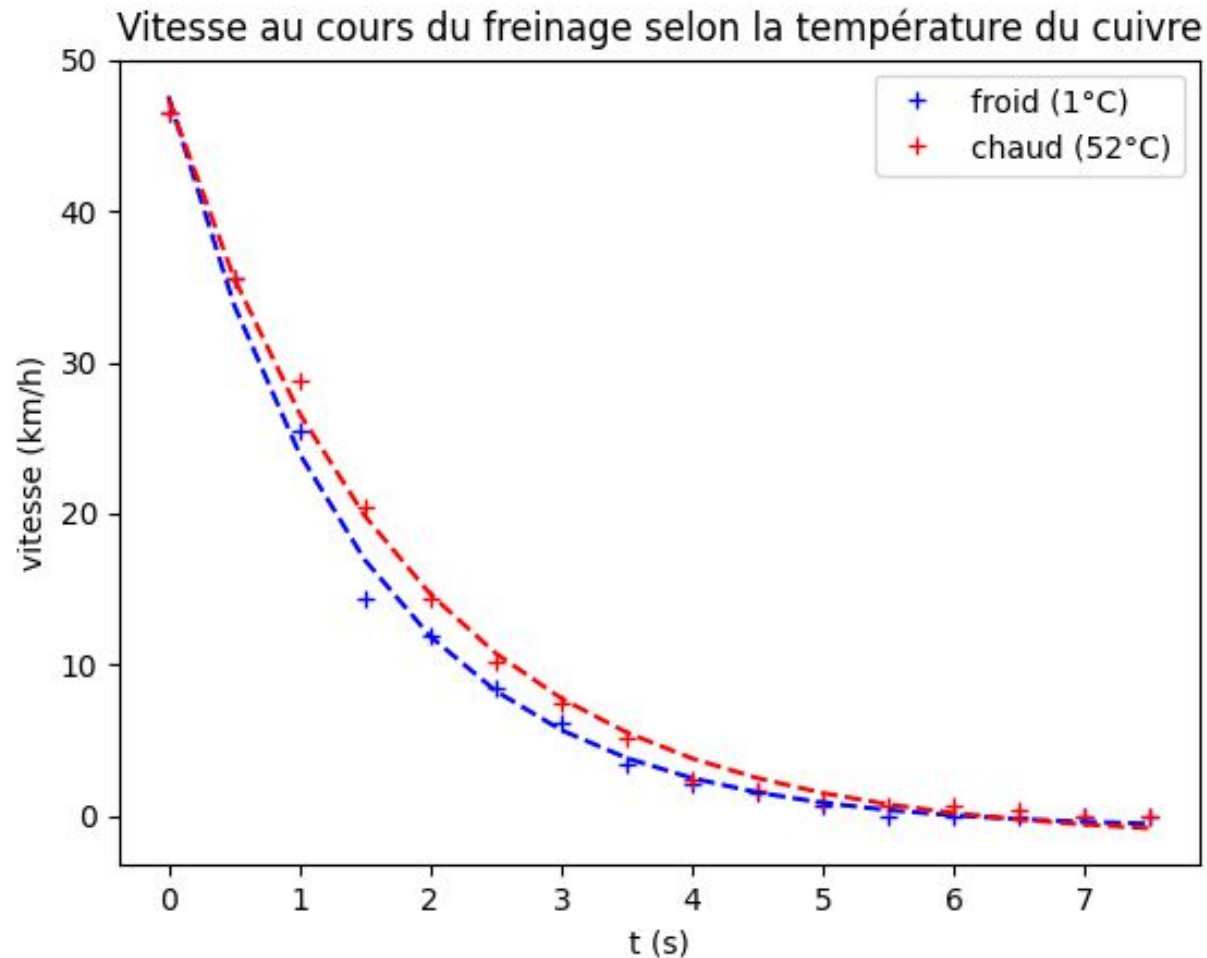


Refroidissement à l'aide de glace

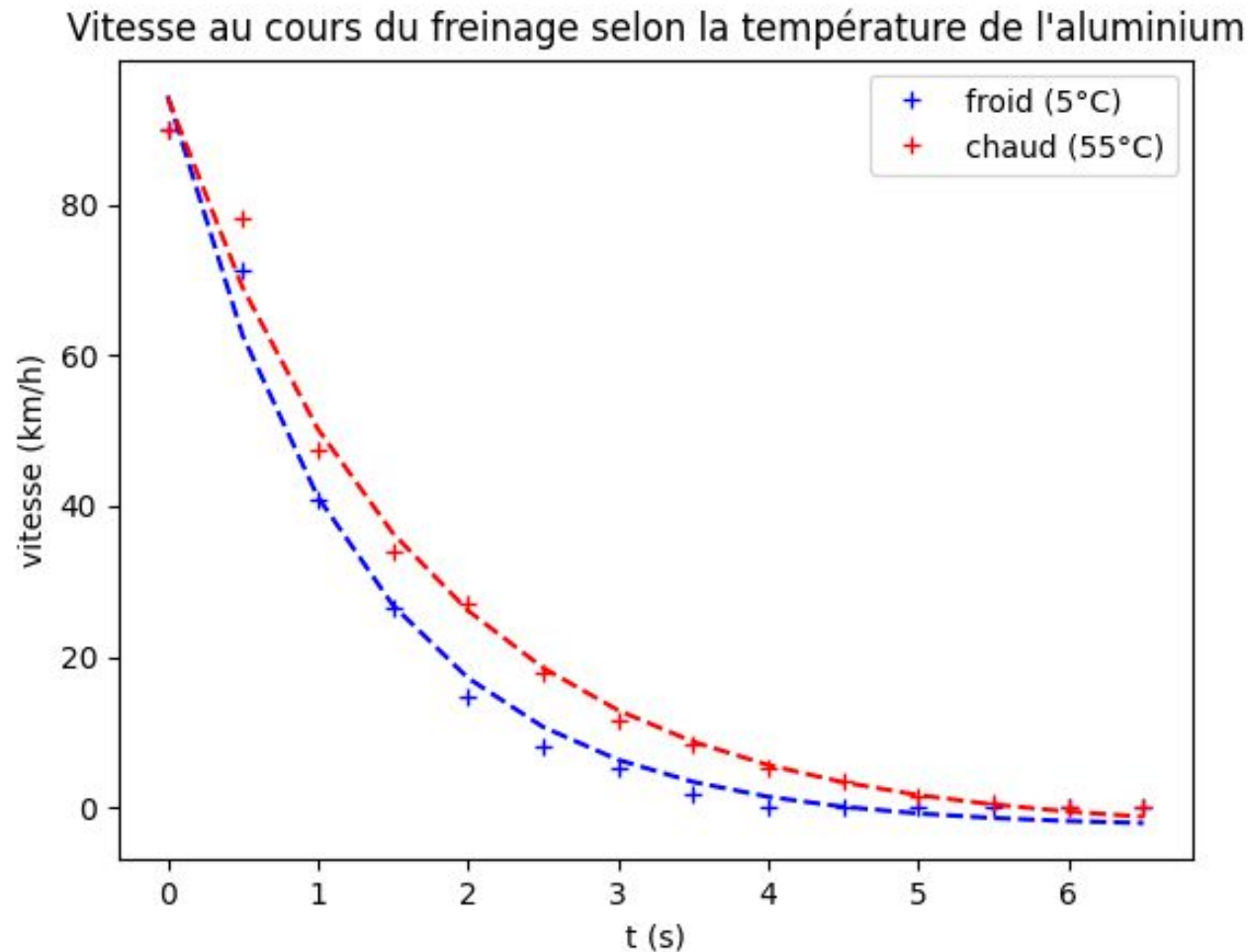


Chauffe du disque à l'aide d'un sèche-cheveux

3 - Influence de la température



3 - Influence de la température



► Comparaison distance freinage disque Chaud/Froid

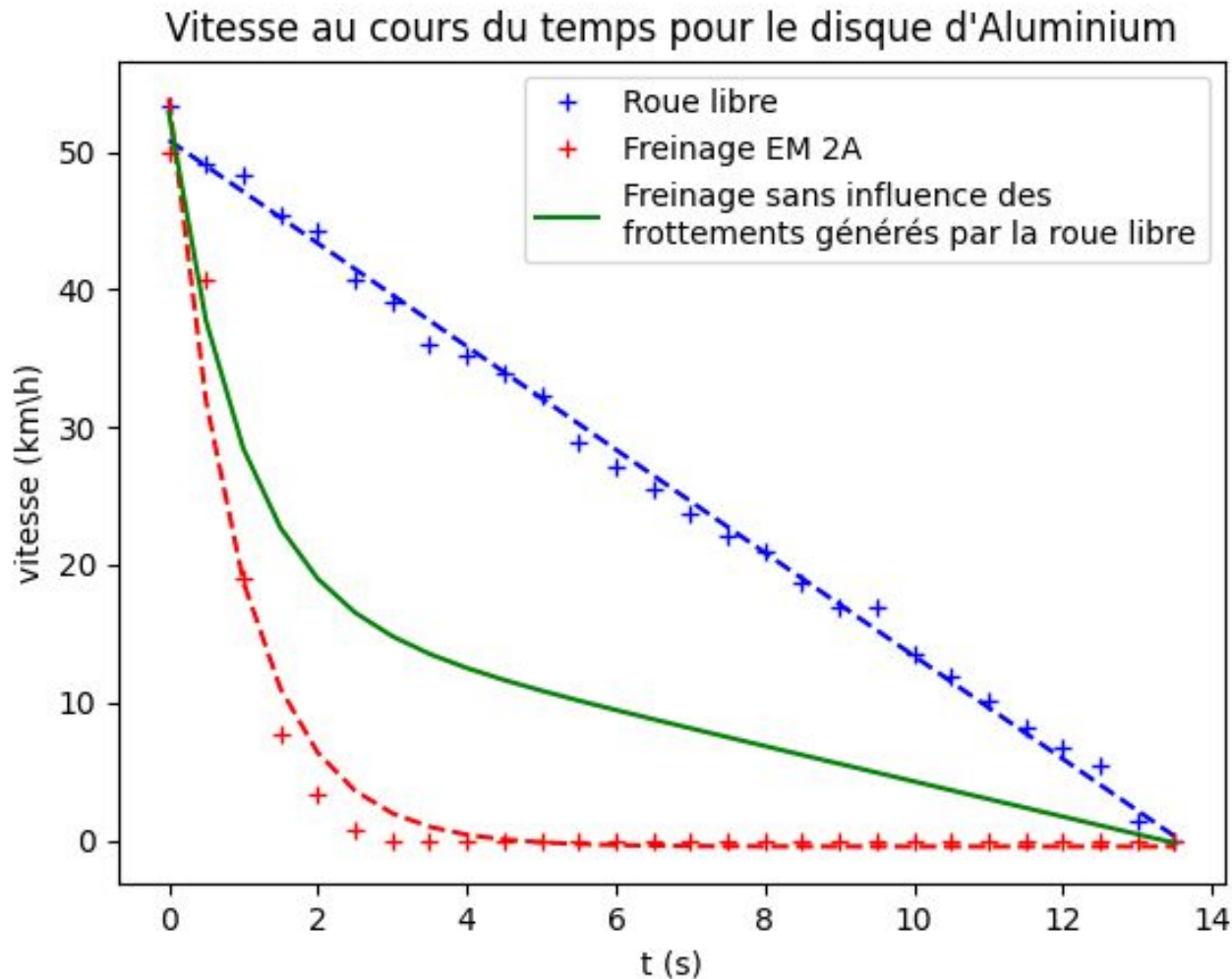
	Disque chaud (55°C)	Disque froid (1°C)
Distance freinage	24,3 m	21,3 m

Distance freinage disque cuivre (50 km/h)

	Disque chaud (55°C)	Disque froid (5°C)
Distance freinage	45,8 m	35,2 m

Distance freinage disque Aluminium (90 km/h)

► Conclusion performance freinage EM



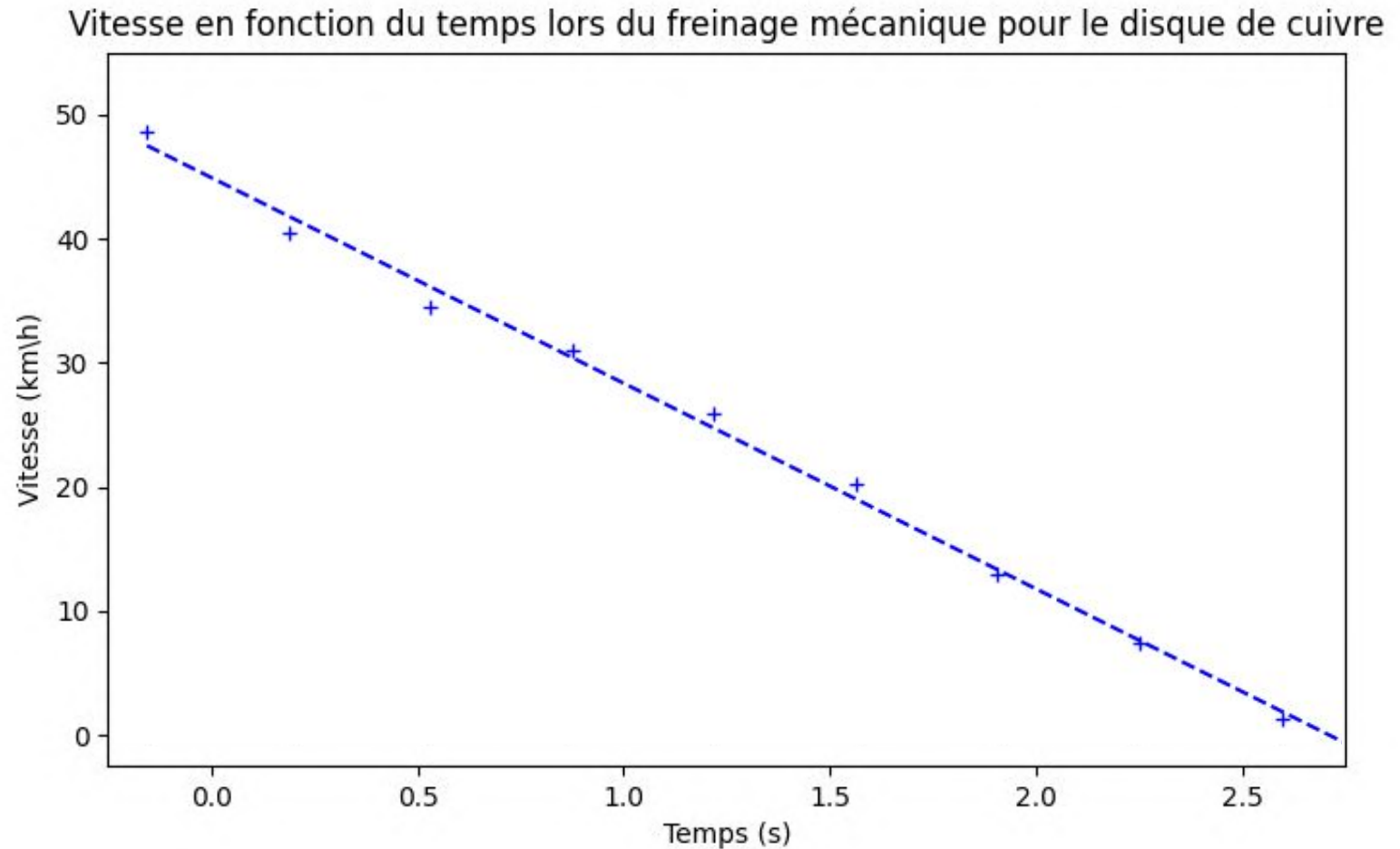
IV- Couplage système de freinage classique 19

► Freinage mécanique seul

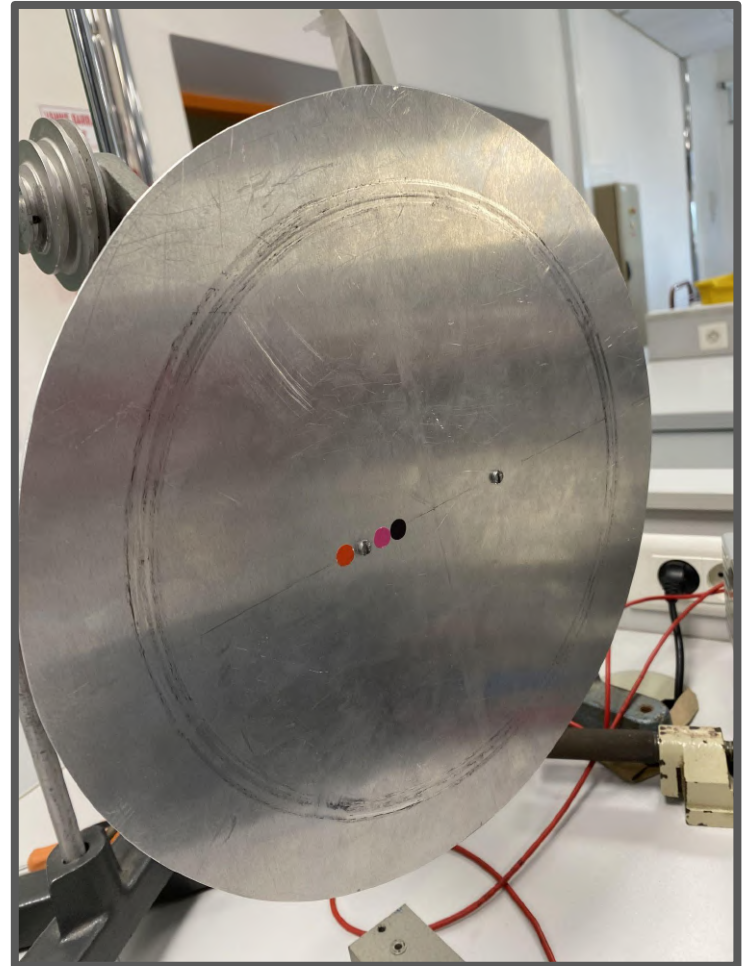


Montage freinage à patins

► Freinage mécanique seul



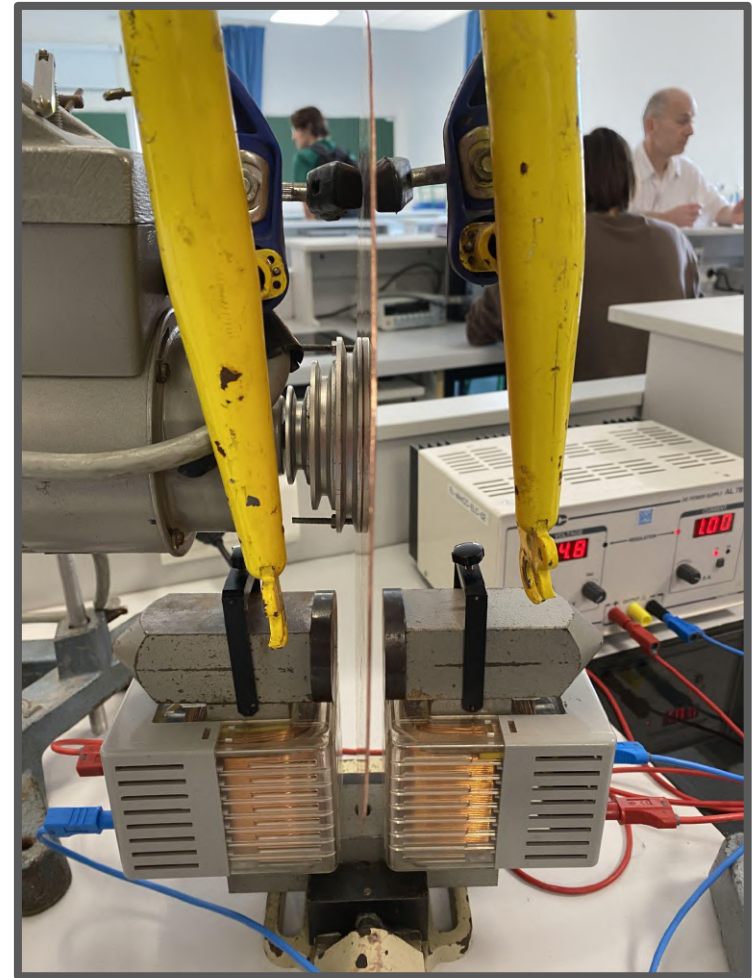
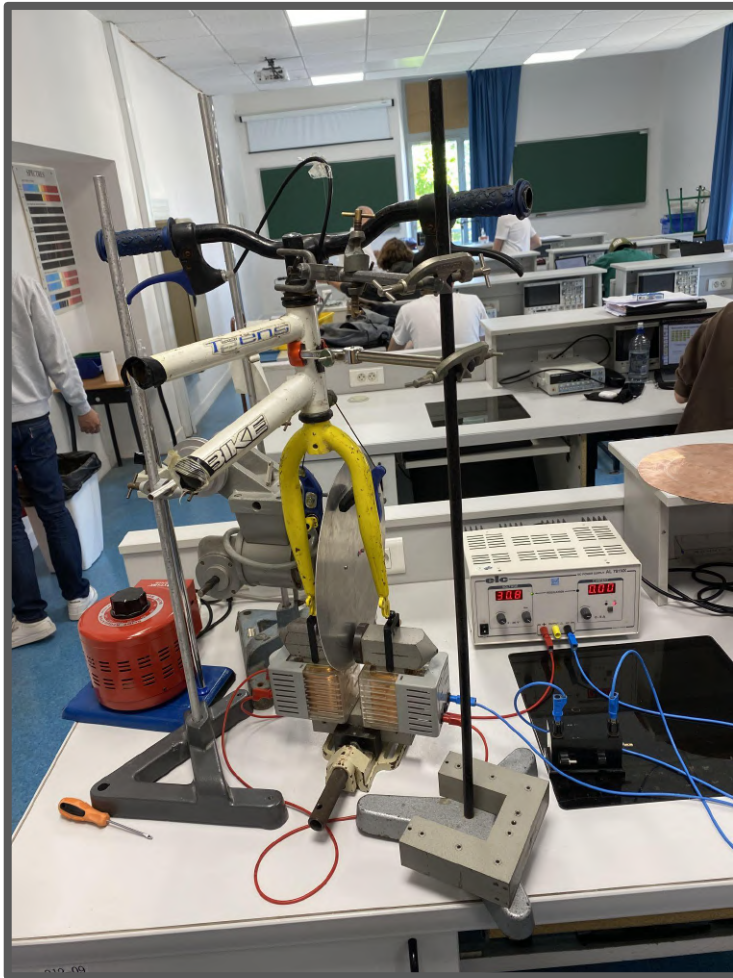
► Usure visible



Traces d'usures dues au freinage à patins

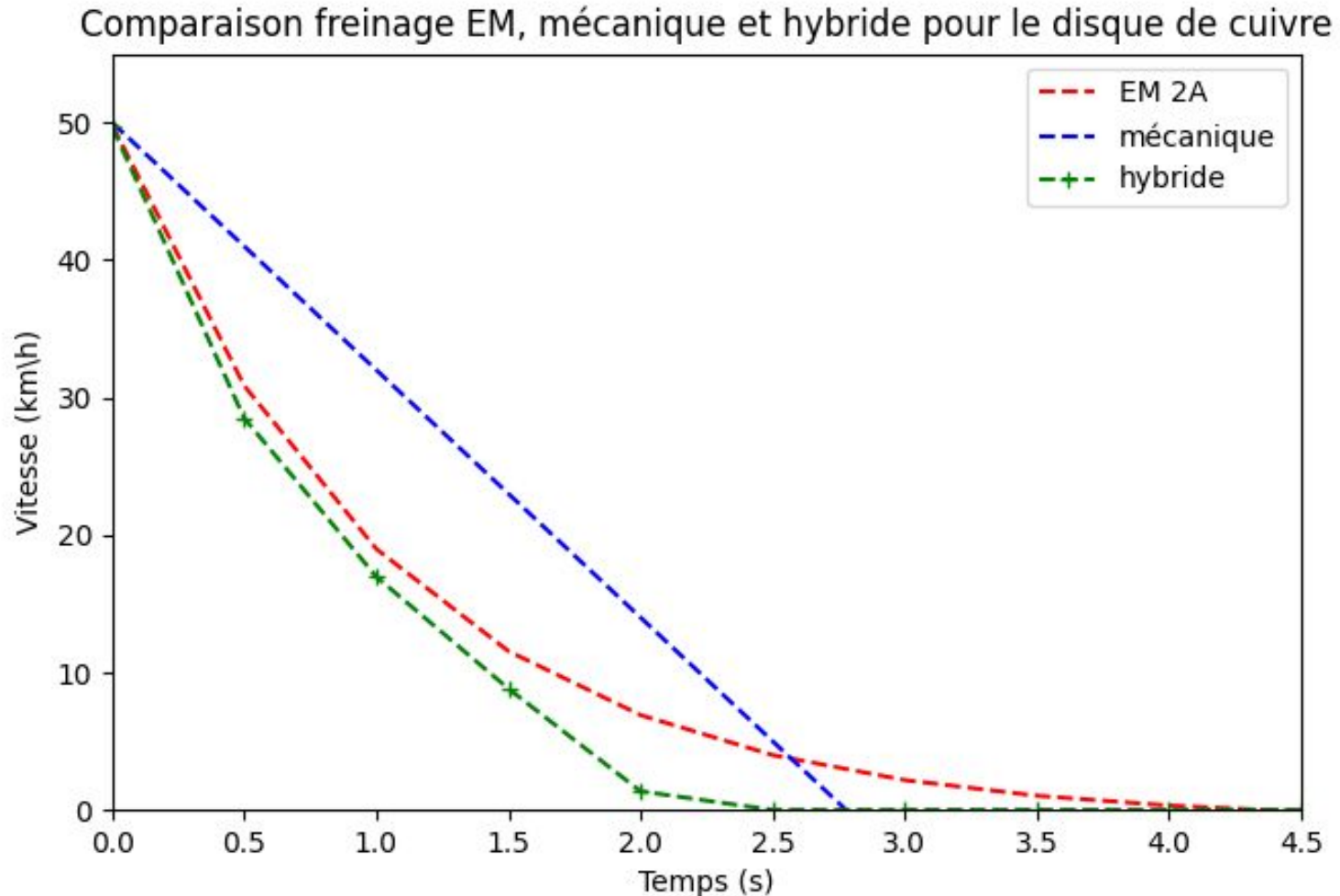
IV- Couplage système de freinage classique 22

► Association frein EM



Montage freinage mécanique associé au freinage EM

► Association frein EM



Conclusion

Avantages :

- Très efficace à haute vitesse
- Aucune usure
- Écologique

Inconvénients :

- Inefficace à basse vitesse
- Performances altérées par la température
- Ne peut se substituer à un freinage mécanique

Calcul vitesse freinage mécanique

Bilan des forces:

- Poids, Réaction du support, Frottements

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 du moment cinétique:

$$J \frac{d\omega}{dt} = -r \cdot F$$

$$\omega(t) = -\frac{r \cdot F}{J} \cdot t + \omega_0$$

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

$$\omega(t) = -\frac{2F}{m \cdot r} \cdot t + \omega_0$$
$$v(t) = -\frac{2F}{m} \cdot t + v_0$$

Calcul vitesse freinage EM

Expression de \vec{F}_{lap} :

$$d\vec{F}_{lap} = i \cdot d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

$$\vec{F}_{lap} = -i \cdot l \cdot B \cdot \hat{u}_\theta$$

Recherche de i :

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

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

Expression finale de \vec{F}_{lap} :

$$\vec{F}_{lap} = -\frac{B^2(R_2^2 - R_1^2)w \cdot l}{2R} \cdot \hat{u}_\theta$$

Moment :

$$\vec{M}_o(\vec{F}_{lap}) = -\left(R_1 + \frac{l}{2}\right) \cdot \frac{B^2(R_2^2 - R_1^2)w \cdot l}{2R} \cdot w \cdot \hat{u}_z$$

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

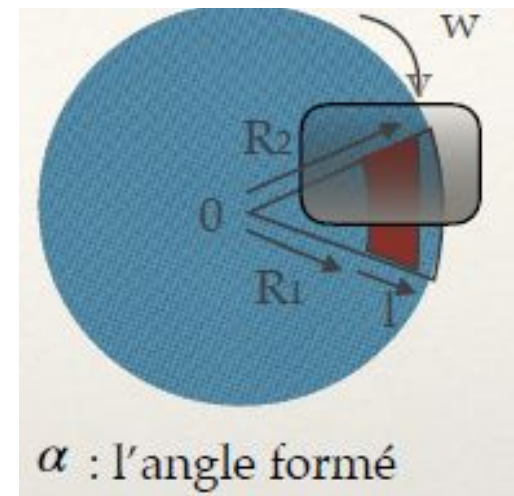
Théorème du moment cinétique :

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

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

$$v(t) = v_0 \cdot e^{-\frac{C}{J} \cdot t}$$

où $J = \frac{m \cdot R_2^2}{2}$ pour un cylindre plein



Calcul vitesse freinage hybride



D'après les résultats précédents :

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

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

Théorème des Moments :

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

Solution Homogène :

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

Solution Particulière :

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

Solution :

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

Condition initiale :

$$w(t=0) = w_0$$

Solution finale :

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

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

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