

# Fonctionnement de la roue libre d'un yoyo à débrayage

*Audrey Mittaux n°35125*

*2023-2024*

# Sommaire

I/ Introduction

II/ Etude de la vitesse maximale de rotation initiale du yoyo pour que la roue libre se déclenche (expérience n°1)

III/ Etude des pertes d'énergie (expérience n°2)

IV/ Détermination du moment d'inertie du yoyo (expérience n°3)

V/ Etude de la vitesse minimale de rotation pour que le yoyo remonte

VI/Conclusion

# Introduction



*Yoyo à débrayage*

<https://www.planete-yoyo.com/yoyo-henrys-viper-vitesse-axys.html>



Systeme de roulement à billes

<https://www.amazon.fr/roulements-r%C3%A9actifs-roulement-r%C3%A9actif-retrait/dp/B0B79WLZBS>

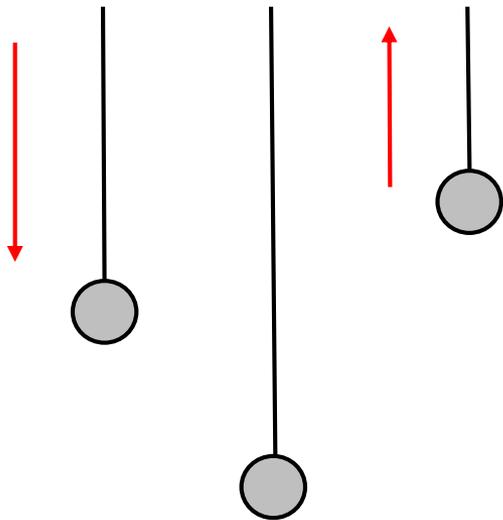
# *Fonctionnement de la roue libre :*

Si le yoyo est lancé trop fort => non déclenchement de la roue libre et le yoyo remonte automatiquement

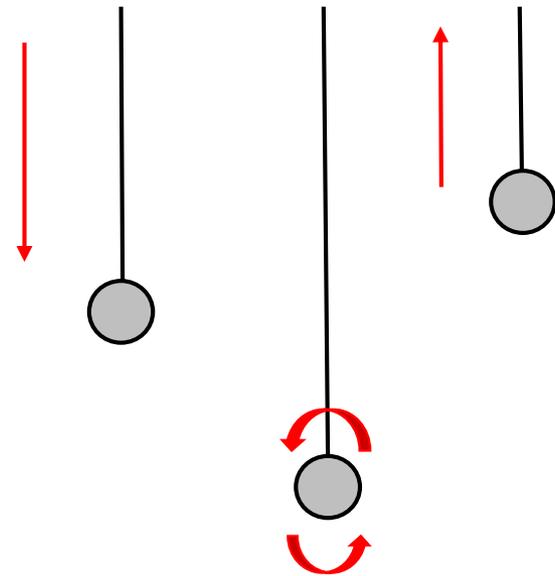
Si le yoyo n'est pas lancé suffisamment fort => la roue libre se déclenche mais le yoyo n'a vite plus assez d'énergie pour remonter

**=> Importance d'un lancer adapté et situé dans une certaine plage de vitesse  $[\dot{\theta}_{\min} , \dot{\theta}_{\max}]$**

Lancer du yoyo sans roue libre



Lancer du yoyo avec roue libre



# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Exemple de figure pouvant être réalisée avec un yoyo à débrayage



<https://fb.watch/qlpIT-vt6K/>

# Problématique

Combien de temps maximum peut durer la roue libre d'un yoyo à débrayage pour que celui-ci ait assez d'énergie pour remonter ?

# Expérience n°1

*Objectif* : Déterminer la vitesse maximale de rotation initiale du yoyo pour que la roue libre se déclenche

# 1<sup>ère</sup> expérience réalisée

*Déroulement de l'expérience :*

- Réalisation de 25 lancers en augmentant au fur et à mesure la vitesse de rotation du yoyo
- Mesure avec un tachymètre des différentes vitesses de rotation



Mesure de la vitesse de rotation avec un tachymètre



Réalisation des lancers avec le yoyo à débrayage

# Détermination de $\dot{\theta}_{max}$ :

$\dot{\theta}$ (RPM)	Déclenchement de la roue libre
1532	OUI
1692	OUI
1750	OUI
1782	OUI
1819	OUI
1853	OUI
1911	OUI
1943	OUI
<b>1960</b>	<b>OUI</b>
-	<b>NON</b>

$\dot{\theta}_{max}$

Mesures  
impossibles  
car le yoyo  
remonte

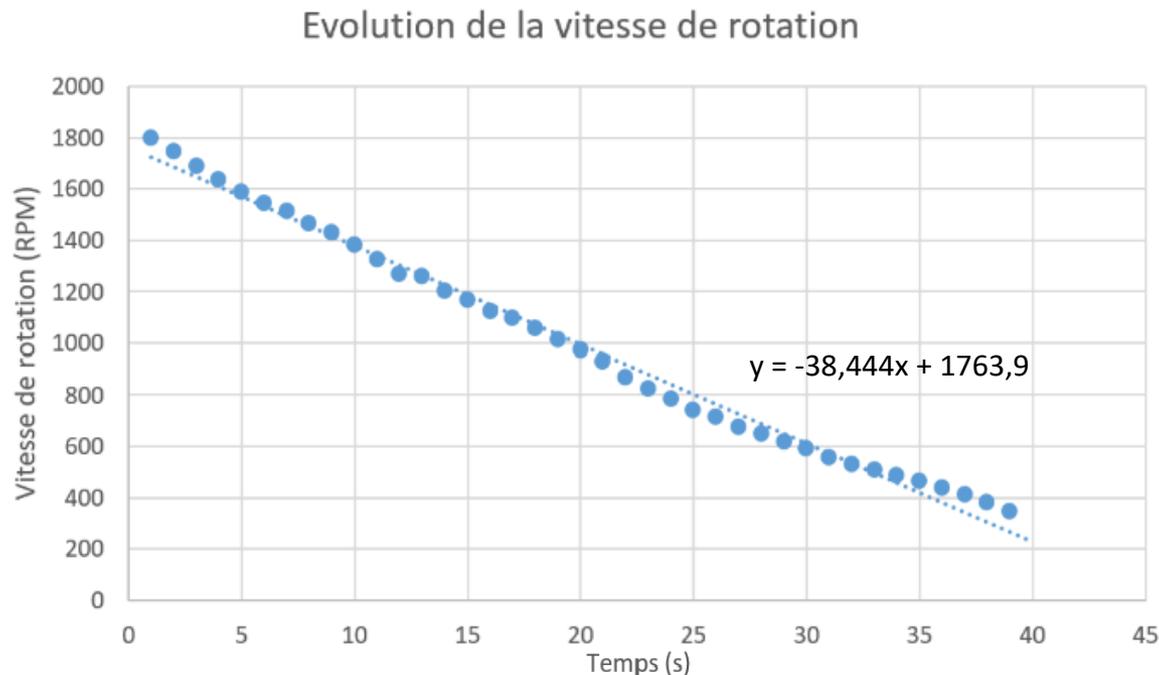
# Expérience n°2

*Objectif* : Etudier les pertes d'énergie

# 2<sup>ème</sup> expérience réalisée

## *Déroulement de l'expérience :*

- Réalisation de 30 lancers pour une vitesse initiale de 1800 RPM et mesures de la vitesse de rotation toutes les secondes
- Une fois la moyenne des valeurs obtenues faite, traçage de la courbe traduisant l'évolution de la vitesse en fonction du temps :



# Expérience n°3

*Objectif* : Déterminer le moment d'inertie du yoyo

# 3<sup>ème</sup> expérience réalisée

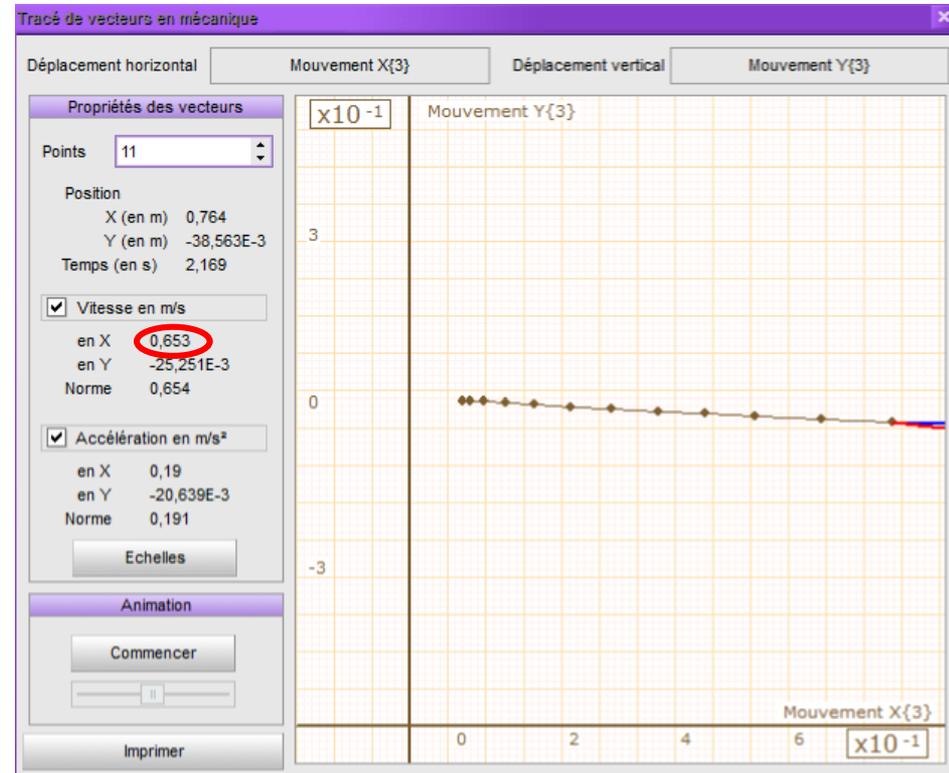
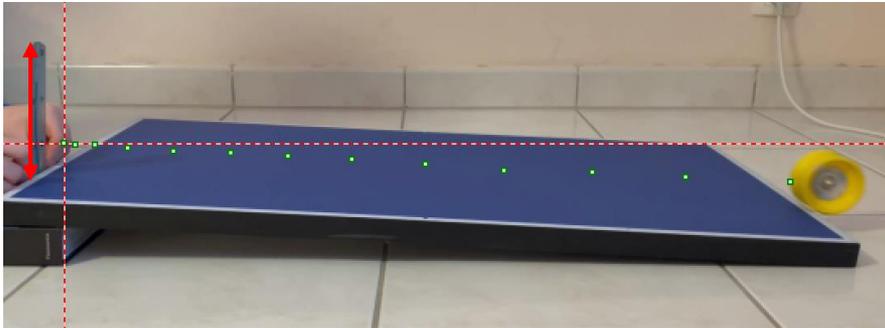
*Déroulement de l'expérience :*

- Filmer le yoyo qui roule sur un plan incliné
- A l'aide d'un pointage, déterminer sa vitesse au point d'arrivée
- Calculer du moment d'inertie du yoyo

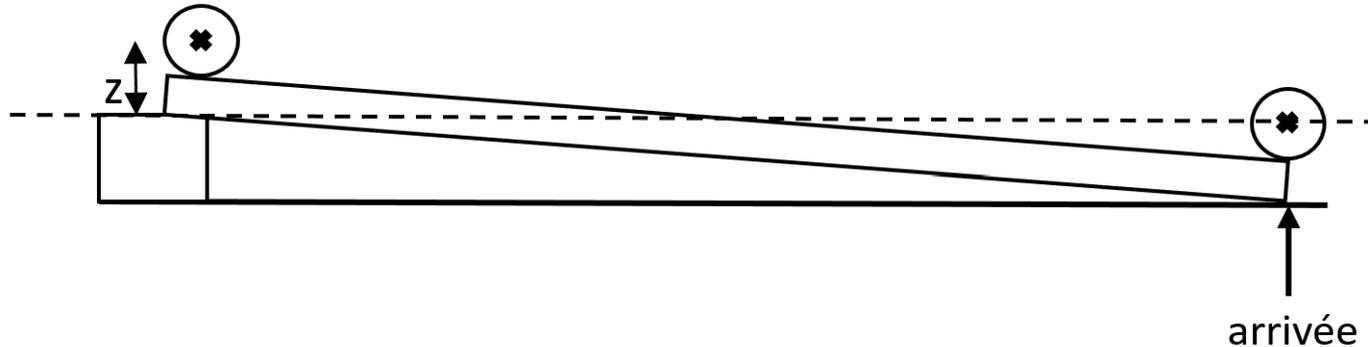


Expérience du plan incliné pour déterminer le moment d'inertie

# Réalisation des pointages vidéo avec Latis PLP :



# Calcul du moment d'inertie J du yoyo :



Par conservation de l'énergie mécanique  
(on néglige les frottements) :

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_{\text{yoyo}}\dot{\theta}^2 = mgz$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_{\text{yoyo}}\left(\frac{v}{R}\right)^2 = mgz$$

$$J_{\text{yoyo}} = \frac{2mgz - mv^2}{\left(\frac{v}{R}\right)^2}$$

Données :

m : masse du yoyo

R : rayon du yoyo

v : vitesse du yoyo au point d'arrivée du plan incliné

$J_{\text{yoyo}}$  : moment d'inertie du yoyo

$\dot{\theta}$  : vitesse de rotation du yoyo

g : constante gravitationnelle

z : altitude du yoyo au départ du plan incliné

Masse du yoyo (g)	Hauteur z (cm)	Rayon du yoyo (cm)	Vitesse à l'arrivée (m.s <sup>-1</sup> )	Moment d'inertie J <sub>yoyo</sub> (kg.m <sup>2</sup> )
54,44	6,8	3,3	0,595	1,641.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,655	1,251.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,653	1,262.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,672	1,159.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,627	1,419.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,630	1,400.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,655	1,251.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,614	1,505.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,635	1,369.10 <sup>-4</sup>
54,44	6,8	3,3	0,591	1,672.10 <sup>-4</sup>

Calcul avec incertitude (type A) :  $J_{yoyo} = (139 \pm 5). 10^{-6} \text{ kg.m}^2$

# Observations de la 3<sup>ème</sup> expérience

Valeur du moment d'inertie trouvée :

$$J_{\text{yoyo}} = (139 \pm 5) \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$



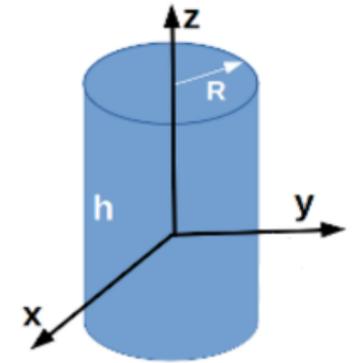
Valeur du moment d'inertie pour un cylindre plein :

$$J_{\text{cyl}} = \int_0^R r^2 \rho 2\pi r h dr$$

$$J_{\text{cyl}} = \frac{1}{2} \rho \pi R^4 h$$

$$J_{\text{cyl}} = \frac{mR^2}{2}$$

$$J_{\text{cyl}} = 29,6 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$



$$\text{Rapport : } \frac{J_{\text{yoyo}}}{J_{\text{cyl}}} = 4,8$$

# Exploitation des résultats

Calcul de la vitesse minimale de rotation pour que le yoyo remonte :

$$\frac{1}{2} J_{\text{yoyo}} \dot{\theta}_{\min}^2 = mgz \quad \text{d'après le théorème de l'énergie mécanique}$$

$$\dot{\theta}_{\min} = \sqrt{\frac{2mgz}{J_{\text{yoyo}}}}$$

$$\dot{\theta}_{\min} = 94 \text{ RPM}$$

Calcul de l'incertitude :

$$\frac{\Delta \dot{\theta}}{\dot{\theta}_{\min}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{\Delta J_{\text{yoyo}}}{J_{\text{yoyo}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2}$$

$$\Delta \dot{\theta} = \dot{\theta}_{\min} \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{5}{139}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{0,01}{54,44}\right)^2}$$

$$\Delta \dot{\theta} = 2 \text{ RPM}$$

$$\dot{\theta}_{\min} = 94 \pm 2 \text{ RPM}$$

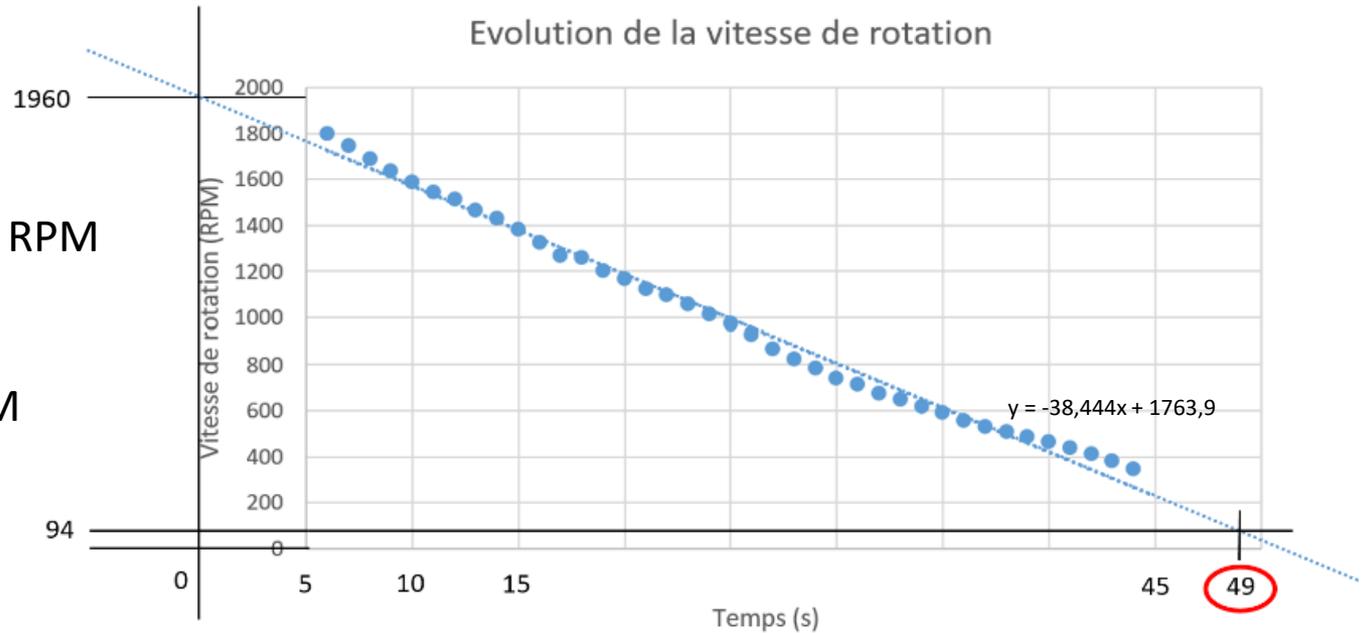
# Exploitation des résultats

On détermine la durée maximale (=  $t_{max}$ ) de la roue libre :

En considérant :

$$\dot{\theta}_{initiale} = \dot{\theta}_{max} = 1960 \text{ RPM}$$

$$\dot{\theta}_{finale} = \dot{\theta}_{min} = 94 \text{ RPM}$$



$$t_{max} = 49 \text{ s}$$

# Réponse à la problématique

Temps disponible pour réaliser une figure :

$$t_{max} = 49 \text{ s}$$



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qiplT-vt6K/>



<https://fb.watch/qiplT-vt6K/>



<https://fb.watch/qiplT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/q1p1T-vt6K/>



<https://fb.watch/q1p1T-vt6K/>



<https://fb.watch/q1pIT-vt6K/>



<https://fb.watch/q1pIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/q1p1T-vt6K/>



<https://fb.watch/qiplT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qipIT-vt6K/>



<https://fb.watch/qIpIT-vt6K/>

# Ouverture

Amélioration possible du temps maximal de la roue libre ?

→ Choix d'un meilleur matériau composant le yoyo

→ Choix d'une meilleure ficelle du yoyo

→ Expérience réalisable : Etude des différents coefficients de frottements afin de déterminer le meilleur couple matériau-ficelle, et ainsi, de limiter les frottements