

Pour traiter cette thématique je propose de monter un pendule de simple sur un moteur tournant lentement, constituant donc un pendule de Foucault. Pour répondre à ce nom de montage, cette expérience a été proposée à mon initiative et avec le matériel à bord, bricolée juste assez pour fonctionner. Les résultats quantitatifs extraits sont déjà convaincants. Ce qui est présenté ici est donc à percevoir comme une ébauche de ce qui peut être fait à l'avenir avec une expérience similaire.

Table des matières

1	Objectifs pédagogiques du MP	1
2	Objectifs et messages forts de la LP (disciplinaire)	1
3	Introduction générale du MP	1
4	Proposition de plan	1
4.1	Conservation de la direction d'oscillation	2
4.2	Tracé d'une trajectoire.	2
5	Ouvertures possibles, prolongements et conclusion du MP	2
6	Subtilités du MP et points disciplinaires et expérimentaux associés	2
7	Expériences de base et alternatives pour le MP	2
8	Critique des expériences du montage	3

1 Objectifs pédagogiques du MP

- ▷ Tracer une trajectoire d'un pendule en référentiel tournant par traitement (manuel) d'images. Ajustement d'une trajectoire expérimentale par un modèle numérique avancé.

2 Objectifs et messages forts de la LP (disciplinaire)

- ▷ Mettre en évidence la notion de pseudo-force : il apparaît très clairement dans le référentiel du laboratoire que le plan d'oscillation du pendule est conservé. C'est là tout le succès de l'expérience historique.

3 Introduction générale du MP

On observe que la force d'inertie de Coriolis apparaît uniquement comme une conséquence de la composition de référentiels. Tout observateur dans le référentiel du laboratoire voit très bien que le pendule conserve son plan d'oscillation dans le référentiel galiléen.

4 Proposition de plan

[†]arnaud.le_diffon@ens-paris-saclay.fr

4.1 Conservation de la direction d'oscillation

► Mesure de la période de rotation du mobile

A tension fixée, au chrono typiquement, tension faible (2V max pour que pédagogiquement le montage soit intuitif, Trot « Tosc permet de s'imaginer le pendule de Foucault par rapport à la rotation de la Terre)

► Mesure de la période d'oscillation du pendule

Avec ou sans rotation, la force d'inertie d'entraînement étant très négligeable ici si le pendule est centré sur l'axe de rotation. Mesure on chrono sur une dizaine d'oscillations.

...

Transition didactique : présentation du système d'équations différentielles obtenues et donc du modèle d'ajustement sous-jacent :

$$\begin{cases} \ddot{x} = -\omega^2 x + 2\dot{y}\Omega \\ \ddot{y} = -\omega^2 y - 2\dot{x}\Omega \end{cases} \quad (4.1)$$

Par changement de variable complexe $z = x+iy$, on résout puis reprojette sur les axes réels et imaginaires. On obtient l'équation de trajectoire (pour ajustement)

$$\begin{cases} x(t) = A\cos(\Omega t + \varphi_1)\cos(\omega t + \varphi_2) \\ y(t) = A\sin(\Omega t + \varphi_1)\cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases} \quad (4.2)$$

On a donc un modèle nous donnant Ω la pulsation de rotation du mobile et ω la pulsation d'oscillation du pendule à partir des trajectoires physiques, contraignant au passage leur forme. Cherchons à mettre en évidence que l'expérience corrobore ces prédictions.

4.2 Tracé d'une trajectoire

Réalisée en amont dans mon cas, car pointage manuel de plus de 200 points.

5 Ouvertures possibles, prolongements et conclusion du MP

- ▷ prolongement naturel avec la force d'inertie d'entraînement (MFI07)
- ▷ possibilité d'imaginer un montage avec un plateau tournant et un veleda lâché depuis son centre (cf vidéos de l'epfl) ou un tuyau à eau tournant

6 Subtilités du MP et points disciplinaires et expérimentaux associés

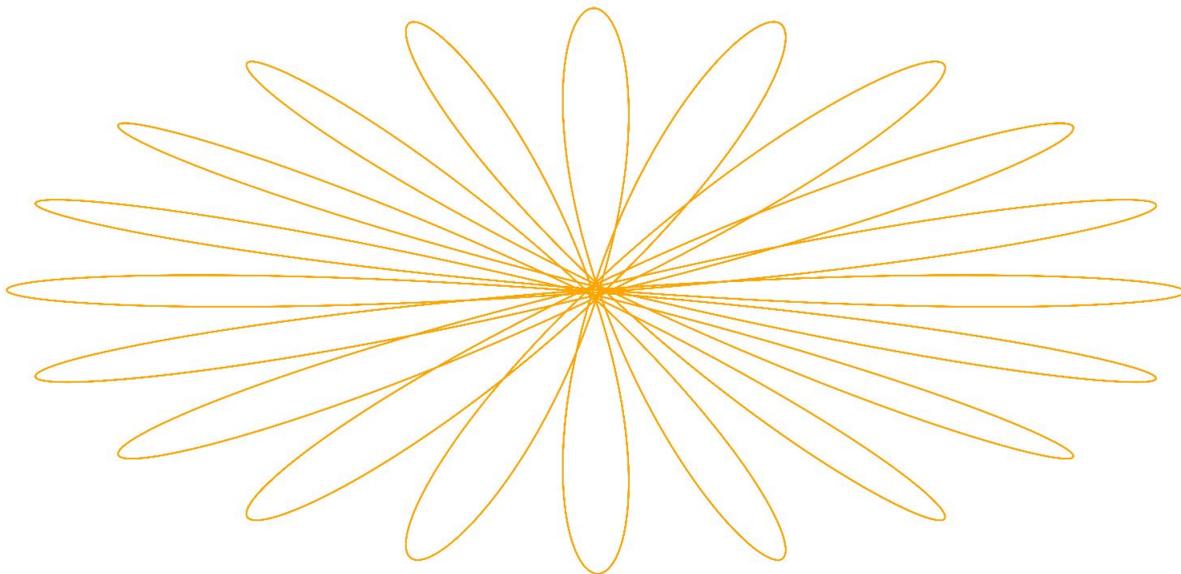
- ▷ Nécessite de préparer le traitement numérique. Les incertitudes sur un tel modèle exigent de pratiquer une estimation via Monte-Carlo, le script doit donc être rapide pour compiler en un temps raisonnable.
- ▷ Si le moteur CC est commandé à trop basse tension ($<1.2V$), la vitesse n'est plus parfaitement uniforme mais tend à faire des légers à-coups.
- ▷ L'amplitude diminue au cours du temps, il vaut donc mieux éviter d'essayer d'ajuster sur des périodes de temps trop longues où l'amplitude varierait significativement.
- ▷ Ajuster initialement sur une faible durée de points expérimentaux, avec une bonne idée de Ω , ω et A par mesures préliminaires permet de donner à l'algorithme d'ajustement un bon point de départ d'ajustement, et donc les meilleures chances de converger directement vers la solution physique.

7 Expériences de base et alternatives pour le MP

- ▷ suivre la rotation d'un cyclone, proposé par certains. La quasi centro-symétrie de ces figures à mes yeux rend l'ajustement numérique de l'angle de rotation au cours du temps douteux, sans parler des modèles à mettre en jeu
- ▷ beaucoup de vidéos en ligne existent, mais très peu présentent un cadre sans parallaxe ou permettant d'extraire proprement plus d'une grandeur expérimentale (vitesse de rotation, masse éventuelle, etc.)
- ▷ toute autre proposition de votre part est donc la bienvenue, ce MFI08 n'attend que des idées neuves (lancer de billes sur un plateau tournant, etc.)

8 Critique des expériences du montage

- ▷ Il y a une difficulté évidente à placer à la fois le fil du pendule et l'objectif du caméra exactement selon l'axe de rotation. En faisant au mieux, une tâche floue due au point d'ancrage du fil du pendule demeure donc au centre, ou au bord de l'image finale. Au vu des ordres de grandeurs mis en jeu, un léger décalage motivé par une quête de netteté ne devrait pas fondamentalement perturber le montage
- ▷ à l'avenir, un pointage automatique de la trajectoire du mobile serait vraiment bienvenu.
- ▷ éviter de lancer le pendule à angle trop élevé, afin de s'assurer que le point d'attache du pendule n'ait pas de jeu (sans quoi le plan d'oscillation n'est plus fixe)



- BONNE PRÉPARATION -