



BLAISE PASCAL  
PT 2023-2024

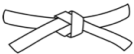



DM 12 – à rendre lundi 22 janvier

# Induction

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. Réfléchir ensemble est une bonne idée, mais le travail de rédaction doit être individuel. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, à la fin d'un cours, par mail ou via l'ENT.



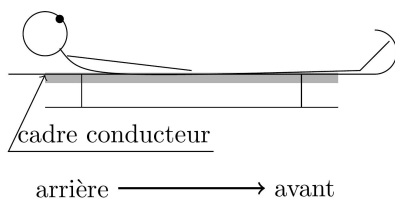
Flasher ce code pour accéder au corrigé

Ceinture		Travail à réaliser
	Ceinture blanche	Questions 1 à 7
	Ceinture jaune	Questions 1 à 10
	Ceinture rouge	En entier
	Ceinture noire	En entier

## Freinage d'une luge

*adapté ATS 2014*

La luge est devenue un sport olympique en 1964 à Innsbruck (Autriche). Le lugeur est allongé sur le dos et les pieds en avant, sur la luge qui glisse sur une piste de glace. Pour freiner, le lugeur ne peut compter que sur ses pieds car la luge ne comporte pas de frein. Les spécialistes peuvent atteindre des vitesses supérieures à  $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Pour le freinage une fois l'arrivée franchie, un simple ralentissement mécanique est insuffisant : du freinage par induction est utilisé en complément.



On considère une luge de masse totale  $100 \text{ kg}$ , lugeur compris, franchissant la ligne d'arrivée à la vitesse  $v_a = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Sous la luge est fixé un cadre métallique rigide, conducteur, rectangulaire, de résistance totale  $R_c = 10^{-3} \Omega$  et de côtés  $\ell \times L$  ( $\ell = 50,0 \text{ cm}$  et  $L = 100 \text{ cm}$ ). La piste est horizontale et le long de l'axe  $Ox$ , dont l'origine  $O$  est fixée sur la ligne d'arrivée, avant la zone de freinage. L'origine des temps est fixée à l'instant où l'avant de la luge passe la ligne d'arrivée. L'axe  $Oz$  désigne la verticale ascendante. Un dispositif crée un champ magnétique  $\vec{B} = B\vec{u}_z$  sur toute la piste de décélération, que l'on supposera pour simplifier uniforme, égal à  $1 \text{ T}$ .

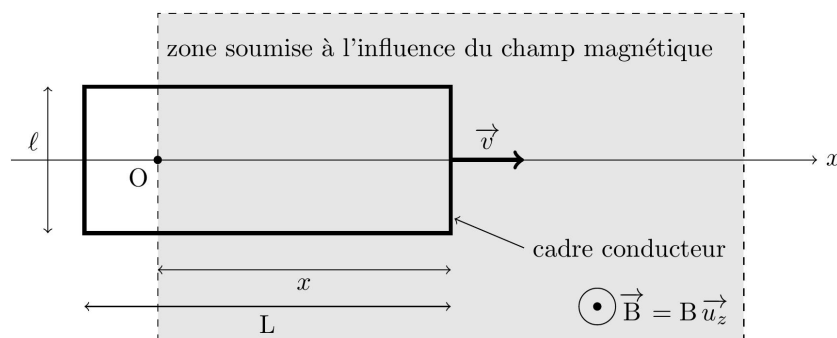


Figure 1 – Cadre conducteur de la luge entrant dans la zone magnétique.

## A - Analyse qualitative

On suppose la zone magnétique de longueur supérieure à  $L$ . Le mouvement de la luge se décompose alors en trois phases : la luge entre progressivement dans la zone magnétique (phase 1), puis elle s'y trouve entièrement (phase 2), et enfin elle en sort progressivement (phase 3).

1 - Expliquer qualitativement pourquoi la luge est freinée. Quelle force est à l'origine du freinage ? Justifier que cette force est nulle lorsque la luge se trouve entièrement dans la zone magnétique.

2 - Pour les phases 1 et 3, reproduire un schéma analogue à celui de la figure 1. Repérer en rouge sur les schémas la portion de cadre subissant la force de freinage, et représenter cette force.

3 - En déduire dans chaque cas le sens<sup>1</sup> du courant induit dans le cadre en expliquant précisément le raisonnement. L'indiquer sur les schémas.

## B - Entrée dans la zone magnétique

Intéressons nous au mouvement du cadre lorsqu'il n'a pas entièrement pénétré dans la zone soumise à l'influence du champ magnétique  $\vec{B}$ , ce qui correspond à la phase 1 identifiée précédemment. On suppose le courant orienté dans le sens identifié question 3.

4 - Exprimer la force électromotrice  $e$  qui apparaît dans le cadre en fonction de la vitesse  $v$  du cadre, de sa largeur  $\ell$  et du champ magnétique  $B$ .

5 - Exprimer l'intensité  $i$  induite dans le cadre en fonction de  $B$ ,  $\ell$ ,  $v$  et  $R_c$ . On négligera l'inductance du cadre.

6 - Exprimer la résultante  $\vec{F}_L$  qui s'exerce sur le cadre, en fonction de  $R_c$ ,  $v$ ,  $\ell$  et  $B$ . Commenter son sens.

7 - Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la vitesse  $v$  de la luge. On introduira un temps  $\tau$  caractéristique du mouvement lorsque la luge pénètre dans la zone soumise au champ magnétique. Calculer sa valeur numérique.

8 - En déduire la position  $x(t)$  de la luge en fonction de  $t$ ,  $\tau$  et  $v_a$ .

9 - Calculer la durée  $T$  que met le cadre pour pénétrer entièrement dans la zone magnétique.

10 - En déduire l'expression de  $v(T)$ . Calculer numériquement la variation  $\Delta v = v_a - v(T)$  de vitesse de la luge entre les instants  $t = 0$  et  $T$ . Pour que le lugeur puisse commencer à freiner avec ses pieds, sa vitesse doit être de l'ordre de  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  au plus : une seule zone magnétique est-elle suffisante ?

## C - Mise en série de plusieurs zones magnétiques

11 - Comment évolue la vitesse de la luge une fois que le cadre est entièrement dans la zone soumise au champ magnétique ? Justifier. En déduire la longueur idéale de la zone soumise au champ magnétique.

12 - La zone soumise au champ magnétique est limitée à la longueur idéale déterminée à la question précédente. Que se passe-t-il lorsque le cadre conducteur sort de cette zone ?

13 - On installe une alternance de zones magnétiques et non magnétiques. Quelle distance doit séparer deux zones magnétiques successives ? Combien de zones magnétiques sont nécessaires ? Quelle est alors la longueur de la piste de ralentissement ?

---

1. Sous-entendu le sens *réel*.