EXERCICE B – Lancer de marteau



En athlétisme, le lancer du marteau consiste à lancer une boule massive attachée à un fil métallique. Ce lancer est apparu en 1900 aux Jeux olympiques de Paris pour les hommes uniquement (remporté avec un lancer à 51,01 m) puis en 2000 aux Jeux de Sydney pour les femmes (remporté avec un lancer à 71,16 m).

L'athlète doit lancer le marteau le plus loin possible sans sortir d'un cercle de lancement d'un diamètre de 2,5 m environ. Le concurrent fait d'abord prendre de la vitesse à son marteau en le faisant tourner deux à trois fois autour de sa tête, puis il l'accélère en tournant trois à quatre fois sur lui-même tout en restant dans le cercle. La taille et le poids du marteau sont réglementés : 7,26 kg pour les hommes et 4,00 kg pour les femmes. Dans l'exercice, l'athlète est une femme.

Données :

- norme de l'accélération de la pesanteur terrestre : g = 9,81 $N \cdot kg^{-1}$;
- masse du marteau : m = 4,00 kg.



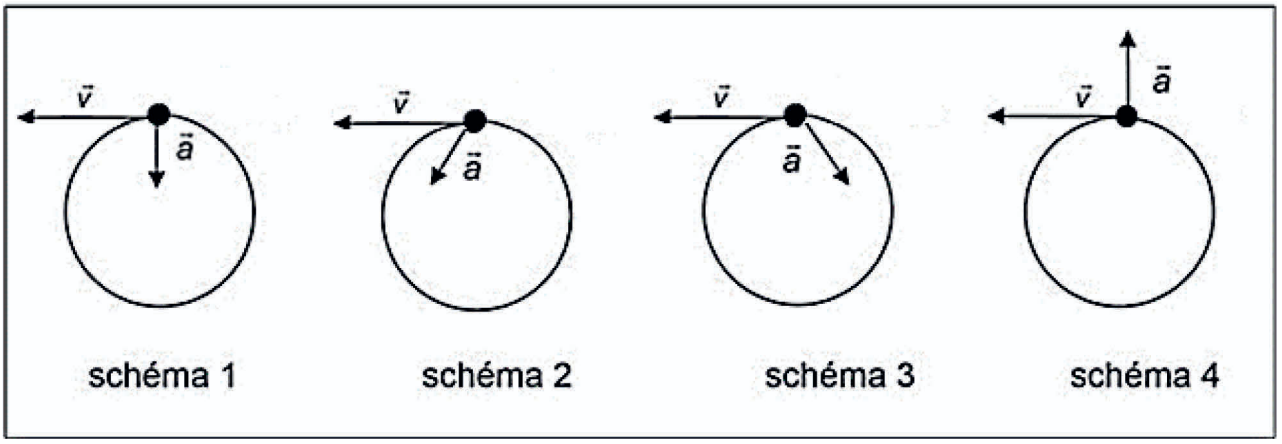
Figure 1. Chronophotographie de la vue du dessus du mouvement du centre de masse d'un marteau, lors d'un lancer dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le marteau est lâché en position 49. La barre blanche indique l'échelle de longueur. La personne au milieu de l'image a les bras élancés vers la gauche et ses pieds orientés vers le haut. On distingue aisément sa chevelure noire.
Source : www.fizziq.org.

Q1. En effectuant une mesure de longueur sur la figure 1, montrer que la distance parcourue par le marteau entre les 2 dernières positions numérotées 49 et 50 est d'environ 1,0 m.

Q2. Sachant que la chronophotographie a été réalisée à 30 images par seconde, en déduire que la valeur de la vitesse du centre de masse G du marteau au moment du lâcher est d'environ 30 $m \cdot s^{-1}$.

Q3. Rappeler les coordonnées du vecteur accélération dans le cadre d'un mouvement circulaire dans le repère de Frenet ($\vec{u}_N$; $\vec{u}_T$).

Q4. Lors de la première phase, on choisit de modéliser le mouvement de G par un mouvement circulaire non uniforme. Indiquer, en justifiant, quel schéma ci-dessous correspond à cette situation.



Pour les questions Q5 à Q7, on ne prend pas en compte dans l'analyse le poids du marteau ni les forces de frottement de l'air : la seule force qui s'applique sur le marteau est supposée être la force de tension du fil. Par ailleurs on suppose que juste avant le lâcher, la valeur de la vitesse du centre de masse n'augmente plus : le mouvement est alors **circulaire uniforme**.

Q5. À l'aide de la 2e loi de Newton, montrer que la norme de la force de tension du fil a pour expression $T = m\frac{v^2}{R}$, avec R la distance entre le centre du cercle et G.

On estime que R = 2,0 m.

Q6. En déduire que T vaut environ $1{,}8 \times 10^3$ N au moment du lâcher. Vérifier que le choix de négliger le poids du marteau est pertinent.

Q7. Déterminer la masse d'un objet dont le poids aurait une norme $P = 1{,}8 \times 10^3$ N. Commenter le résultat.