

Exercice : étude d'un palet de Hockey

Le palet est fabriqué en caoutchouc avec une masse moyenne de 160 grammes. Sur la glace, le palet peut atteindre des vitesses exceptionnelles du fait de la puissance des joueurs. En Russie, lors des épreuves d'habileté de la Ligue continentale de hockey, le défenseur Aleksandr Riazantsev a établi un nouveau record du monde en janvier 2017 avec une frappe à $183,67 \text{ km h}^{-1}$ soit environ 50 m s^{-1} .

Au cours d'une séance d'entraînement à ces épreuves d'habileté, un joueur de hockey propulse le palet, à l'aide de sa crosse, sur un plan recouvert de glace et incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport à l'horizontale. La position du centre d'inertie du palet est repérée sur un axe (Ox) de même direction que la ligne de plus grande pente et orienté vers le haut. On note (Oy) l'axe perpendiculaire au plan incliné et orienté vers le haut. Les vecteurs \vec{u}_x et \vec{u}_y sont des vecteurs unitaires dirigés respectivement selon les axes (Ox) et (Oy) . Le centre d'inertie du palet est noté G (**figure 1**). À l'instant initial, le palet se trouve à l'origine du repère. L'intensité du champ de pesanteur terrestre g est estimée à 10 m s^{-2} .

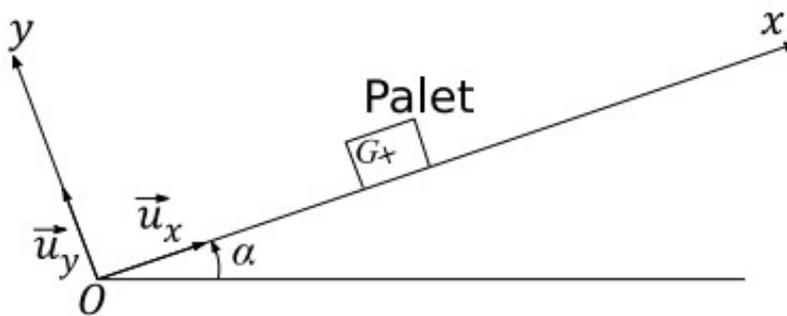


Figure 1 - Schéma du palet sur le plan incliné

Document 1 - Lois de Coulomb

On appelle action de contact l'action mécanique qu'exercent l'un sur l'autre deux solides dont les surfaces sont en contact.

Lorsque les deux solides en contact ne glissent pas l'un sur l'autre, on a :

$$\|\vec{R}_T\| \leq f_S \|\vec{R}_N\|$$

où \vec{R}_T est la composante tangentielle et \vec{R}_N la composante normale de la réaction exercée par un solide sur l'autre. f_S est le coefficient d'adhérence (également appelé coefficient de frottement statique) qui dépend de la nature et de l'état des surfaces en contact.

Lorsque les deux solides en contact glissent l'un sur l'autre, on a :

$$\|\vec{R}_T\| = f_D \|\vec{R}_N\|$$

où f_D est le coefficient de frottement dynamique qui dépend de la nature et de l'état des surfaces en contact avec $f_D < f_S$.

Valeurs usuelles :

$f_D(\text{bois sur bois}) = 0,40$; $f_D(\text{caoutchouc sur glace}) = 0,050$; $f_D(\text{acier sur glace}) = 0,020$.

Dans une première phase (propulsion du palet par la crosse sur le plan incliné), on considère les frottements comme négligeables. La palette de la crosse est en contact avec le palet.

- Q1.** Choisir un référentiel afin d'étudier le mouvement du palet durant la propulsion et le préciser. Peut-il être considéré comme galiléen dans le cadre de cet entraînement ?
- Q2.** Établir un bilan des forces qui s'exercent sur le palet durant la propulsion et les représenter sur un schéma cohérent sans souci d'échelle.
- Q3.** Exprimer l'intensité de la force de propulsion F exercée par le joueur sur le palet en fonction de l'accélération a du palet, de l'angle d'inclinaison α du plan, de la masse m du palet et de l'intensité du champ de pesanteur g .
- Q4.** Sachant que la propulsion due au joueur de hockey dure 0,5 seconde et que le mouvement est uniformément accéléré, quelle doit être l'intensité de la force de propulsion pour que le joueur égale le record du monde de vitesse sur ce plan incliné ?

Dans une deuxième phase, le palet n'est plus en contact avec la crosse et est en mouvement de translation rectiligne vers le haut du plan incliné. On considère les frottements comme négligeables.

- Q5.** Sur un schéma, représenter les forces qui s'exercent sur le palet. Ces forces ont-elles un caractère moteur, résistant ou sont-elles sans effet lors du mouvement du palet vers le haut du plan incliné ?
- Q6.** Déterminer l'expression de $x(t)$, déplacement du palet selon l'axe (Ox) .
- Q7.** Montrer que la distance d parcourue par le palet avant de s'arrêter est donnée par la relation :

$$d = \frac{v_0^2}{2g \sin \alpha}$$

où v_0 est la vitesse initiale selon l'axe (Ox) au début de la deuxième phase.