

# Physique du Billard : Mécanique du Solide

## 🔗 Introduction

Une boule de billard est un **Solide Rigide**. Elle possède une masse  $m$  mais aussi une répartition de cette masse autour de son centre, appelée **Moment d'Inertie**  $I$ .

Pour une sphère pleine de rayon  $R$  :

$$I = \frac{2}{5}mR^2$$

## 1. L'Impact (Le coup de queue)

C'est l'instant initial ( $t = 0$ ). La queue transmet une quantité de mouvement instantanée appelée **Impulsion** ( $J$ ).

La manière dont la boule va réagir dépend de deux paramètres :

1. La force de la frappe (Magnitude de l'impulsion  $J$ ).
2. La hauteur de la frappe par rapport au centre ( $h$ ).

**A. Vitesse Linéaire Initiale ( $v_0$ )** La queue pousse la boule vers l'avant. La vitesse résultante dépend uniquement de l'impulsion et de la masse. Peu importe où l'on tape, la boule partira à la même vitesse linéaire.

$$v_0 = \frac{J}{m}$$

**B. Vitesse Angulaire Initiale ( $\omega_0$ )** Si on tape décalé du centre ( $h < 0$ ), on crée un **bras de levier**. Cela génère un couple instantané qui met la boule en rotation.

$$\omega_0 = \frac{h \cdot J}{I}$$

En remplaçant  $I$  par sa formule ( $\frac{2}{5}mR^2$ ), on obtient la formule pratique :

$$\omega_0 = \frac{5hJ}{2mR^2} = \frac{5hv_0}{2R^2}$$

*Exemple. Interprétation du paramètre  $h$  :*

- **Centre ( $h = 0$ )** :  $\omega_0 = 0$ . La boule part en glissant sans tourner (le « Carreau » parfait).
- **Haut ( $h > 0$ )** :  $\omega_0 > 0$ . Rotation avant (« Coulé »).
- **Bas ( $h < 0$ )** :  $\omega_0 < 0$ . Rotation arrière (« Rétro »).

## 2. Le Point de Contact (P)

Une fois la boule lancée, tout dépend de ce qui se passe au point de contact avec le tapis.

La vitesse de ce point ( $v_p$ ) par rapport au sol est la combinaison de la translation et de la rotation :

$$v_p = v - R\omega$$

C'est cette valeur qui détermine s'il y a friction ou non.

### Phase 3 : Friction et Glissement

Tant que  $v_p < 0$ , la boule glisse. Le tapis exerce une force de friction opposée au mouvement du point de contact.

**Force de Friction ( $f_k$ ) :**

$$f_k = \mu_k mg$$

(où  $\mu_k$  est le coefficient de friction dynamique du tapis).

Cette force a deux effets simultanés qui travaillent à rétablir l'équilibre :

1. **Freinage Linéaire** : Elle réduit la vitesse  $v$ .

$$a = -\frac{f_k}{m} = -\mu_k g$$

2. **Accélération Angulaire** : Elle modifie la rotation  $\omega$  (car la force au sol crée un couple).

$$\alpha = \frac{Rf_k}{I} = \frac{5\mu_k g}{2R}$$

**Conséquence** :  $v$  change et  $\omega$  change jusqu'à ce que  $v = R\omega$ .

## Phase 4 : Le Roulement (Rolling)

Quand la condition  $v = R\omega$  est atteinte, le point de contact devient immobile par rapport au sol ( $v_p = 0$ ).

Le glissement s'arrête. La friction dynamique  $\mu_k$  disparaît. La boule continue de rouler avec une très faible décélération due à la résistance au roulement ( $\mu_r$ ).