

Dans tout l'exercice, on utilise le repère cylindrique d'axe (Oz) représenté figure (1) et on note P_0 la pression atmosphérique. On travaille dans le référentiel $\mathcal{R}^*$, dans lequel l'écoulement peut être considéré comme stationnaire, incompressible et parfait.

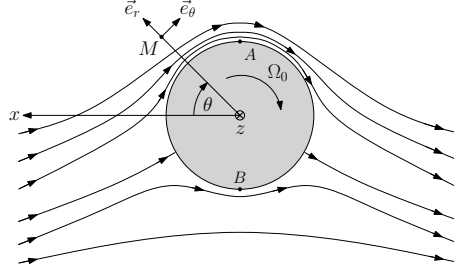


FIGURE 1

- 1) Dans le référentiel $\mathcal{R}^*$, la balle est en mouvement de rotation autour de l'axe (Oz) à la vitesse angulaire Ω_0 . Les vitesses demandées sont donc celles de points liés à un solide en rotation autour d'un axe fixe :

$$\vec{V}_A = R\Omega_0 \vec{e}_\theta = -R\Omega_0 \vec{e}_x$$

$$\vec{V}_B = -R\Omega_0 \vec{e}_\theta = R\Omega_0 \vec{e}_x$$

- 2) Les vitesses des points A' et B' proches respectivement de A et de B sont :

$$\vec{V}_{A'} = -(V_0 + \varepsilon R\Omega_0) \vec{e}_x$$

$$\vec{V}_{B'} = (-V_0 + \varepsilon R\Omega_0) \vec{e}_x$$

Qualitativement, on voit tout de suite que, la vitesse étant plus élevée, en norme, en A que en B , la pression sera plus élevée en B que en A : il existe donc bien une portance exercée sur la balle.

Pour déterminer les pressions en A' et en B' , on applique le théorème de Bernoulli le long de lignes de courants partant de points situés loin en amont de la balle (où la pression vaut P_0 et la vitesse de l'écoulement est V_0) et passant respectivement en A' et en B' :

$$P_0 + \frac{1}{2}\rho V_0^2 = P_A + \frac{1}{2}\rho V_A^2$$

$$P_0 + \frac{1}{2}\rho V_0^2 = P_B + \frac{1}{2}\rho V_B^2$$

D'où :

$$P_A = P_0 - \frac{\varepsilon \rho R \Omega_0}{2} (2V_0 + \varepsilon R \Omega_0) < P_0$$

$$P_B = P_0 + \frac{\varepsilon \rho R \Omega_0}{2} (2V_0 - \varepsilon R \Omega_0) > P_A$$

On retrouve bien $P_B > P_A$.

- 3) La force résultante est dirigée de B vers A .

Dans le référentiel terrestre, on obtient donc le résultat suivant :

Les vecteur $(\vec{V}_0, \vec{F}, \vec{\Omega}_0)$ forment un trièdre direct.

4) *La balle n'aura pas une trajectoire classique de chute libre, i.e. elle n'aura pas une trajectoire parabolique (si on néglige les effets de la trainée).*

En pratique, elle aura différentes trajectoires en fonction de l'orientation et le sens du vecteur rotation.

Pour la suite, on considèra la vitesse $\vec{V}_0$ horizontale et on regardera le mouvement de la balle quand elle s'éloigne.

✕ *Cas d'un vecteur rotation vertical : balle brossée.*

Si le vecteur rotation est suivant la verticale ascendante, la balle sera déviée vers la gauche.

Si le vecteur rotation est suivant la verticale descendante, la balle sera déviée vers la droite.

Cet effet est très utilisé au football.

✕ *Cas d'un vecteur rotation horizontal : balle liftée ou coupée*

Si le vecteur rotation est horizontal vers la gauche, la balle sera déviée vers le bas, on dit que la balle est liftée.

Cet effet est très utilisé au tennis : il permet de frapper la balle plus fort, tout en s'assurant qu'elle reste bien dans le court.

Si le vecteur rotation est horizontal vers la droite, la balle sera déviée vers la haut, on dit que la balle est coupée.

Cet effet est également très utilisé au tennis.