

On étudie l'expérience réalisée par Ferdinand Reich en 1833 en Allemagne (latitude $\lambda = 50^{\circ}54'$). Des billes étaient lâchées dans un puits de mine d'une hauteur $h = 158,5\text{m}$. On travaille dans le référentiel terrestre. On prend comme repère (O, x, y, z) , O étant le fond du puits, à la verticale du point de lâcher, Ox dirigé vers l'Est, Oy vers le Nord et Oz suivant la verticale ascendante. On note $\vec{\Omega}_T$ le vecteur rotation de la Terre par rapport au référentiel géocentrique, $\vec{g} = -g\vec{u}_z$ le champ de pesanteur local, et m la masse d'une bille. On néglige l'influence des frottements de l'air sur la bille.

1. Ecrire le PFD en projection sur les trois axes dans le référentiel terrestre.
2. On cherche à estimer l'importance de la force de Coriolis. Pour quelle vitesse v la force de Coriolis sera-t-elle égale au millième de son poids ? On prendra

$$\Omega_T = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{rad/s}$$

3. Compte tenu de la faiblesse de la force de Coriolis, on adopte une méthode dite "perturbative". On résout tout d'abord le problème en négligeant la force de Coriolis, puis on utilise la solution trouvée pour la vitesse pour calculer l'expression approchée de la force de Coriolis.
 - (a) La bille est lâchée sans vitesse initiale à une altitude h au-dessus de O . Etablir les expressions $\dot{x}_0(t)$, $\dot{y}_0(t)$, $\dot{z}_0(t)$ des composantes du vecteur vitesse en l'absence de force de Coriolis.
 - (b) Etablir une expression approchée de la force de Coriolis. Réécrire les équations du mouvement en tenant compte de cette approximation.
 - (c) Résoudre ces équations.
 - (d) Etablir les coordonnées du point d'impact et comparer à la mesure expérimentale de Reich : déviation moyenne vers l'Est de 28mm.

Rq : L'expérience de Ferdinand Reich fut en réalité beaucoup plus délicate à interpréter que l'exercice ne le laisse croire. Une très grande dispersion des mesures est observée lorsqu'on lance un grand nombre de billes (cf photo ci-contre pour $N=100$ impacts). Ce n'est qu'en moyenne sur un très grand nombre de lancers qu'on trouve la déviation de 28mm prévue par le calcul. Une explication de cette dispersion peut être l'influence de l'air. Dans un régime de Reynolds intermédiaires, la force de traînée due à l'air n'est pas orientée dans l'axe, elle fluctue et peut faire dévier chaque bille dans une direction aléatoire, mais nulle en moyenne. Question subsidiaire : en fin de chute, comparer en ordre de grandeur la force de Coriolis avec la force de résistance de l'air.

