

UE Phys153

TD 3 : Force de traînée

Quelques valeurs utiles : $\rho_{\text{acier}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{aable}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$,
 $\eta_{\text{eau}} = 10^{-3} \text{ Pa.s}$, $g_{\text{Lune}} = 1,6 \text{ m/s}^2$, $g_{\text{Mars}} = 3,7 \text{ m/s}^2$

- 1) **Chute libre** : Calculer le temps de chute d'un objet de masse M sous l'action du champ de pesanteur dans le vide pour une hauteur de lâcher H au dessus du sol ? Quelle est la vitesse de chute au niveau du sol ? Le temps de chute et la vitesse dépendent-ils de la hauteur ? du champ de pesanteur ? de la masse ? Application : chute d'une bille d'acier de rayon $R = 1 \text{ cm}$ depuis la hauteur $H = 1 \text{ m}$ sur la Terre, la Lune, sur Mars ?
- 2) **Décélération dans un fluide en régime visqueux** : A partir du principe fondamental de la dynamique, écrire l'équation régissant l'évolution temporelle *hors gravité* de la vitesse d'une sphère de rayon R et masse M dans un fluide en régime *visqueux* à partir d'une vitesse initiale U_0 . A quelle condition est-on bien en régime visqueux? Déterminer la loi d'évolution temporelle de la vitesse U et tracer le graphe $U(t)$ correspondant. Quel est le temps caractéristique τ d'évolution de la vitesse ? Dépend-il de la vitesse initiale U_0 ? Quelle est la distance caractéristique δ de décroissance. Y-a-t-il un intérêt à tracer le graphe U/U_0 en fonction de t/τ ?
- 3) **Décélération dans un fluide en régime inertiel** : A partir du principe fondamental de la dynamique, écrire l'équation régissant l'évolution temporelle *hors gravité* de la vitesse d'une sphère de rayon R et masse M dans un fluide en régime *inertiel* à partir d'une vitesse initiale U_0 suivant l'axe x A quelle condition est-on bien en régime inertiel? Au lieu de chercher la loi d'évolution temporelle $U(t)$, on cherchera plutôt la loi d'évolution spatiale $U(x)$ en faisant le changement de variable approprié. Quelle est la distance caractéristique δ d'évolution de la vitesse ? Y-a-t-il un intérêt à tracer le graphe U/U_0 en fonction de x/δ ?
 Application : Calculer δ pour un ballon de foot et le comparer aux dimensions du terrain. Commenter.
- 4) **Vitesse limite de chute dans un fluide en régime visqueux** : Écrire le principe fondamental de la dynamique pour le mouvement vertical *dans le champ de pesanteur* d'une sphère de rayon R et masse

volumique ρ_s dans un fluide de masse volumique ρ et viscosité η , en supposant un régime d'écoulement visqueux dont on précisera la condition d'existence. Déterminer la vitesse U_∞ dite « limite » de la sphère en régime stationnaire. En déduire l'expression du nombre de Reynolds correspondant en fonction des paramètres du problème. Application pour un grain de sable de diamètre 0,1 mm dans l'eau. Conclusion.

- 5) **Vitesse limite de chute dans un fluide en régime inertiel:** Ecrire le principe fondamental de la dynamique pour le mouvement vertical dans le champ de pesanteur d'une sphère de rayon R et masse volumique ρ_s dans un fluide de masse volumique ρ et viscosité η en supposant un régime d'écoulement inertiel dont on précisera la condition d'existence. Déterminer la vitesse « limite » U_∞ correspondante en régime stationnaire. En déduire l'expression du nombre de Reynolds correspondant en fonction des paramètres du problème. Application pour un grain de sable de diamètre 1 mm dans l'eau. Conclusion. Application pour une bulle de champagne de 1 mm de diamètre. Conclusion
- 6) **Parachutisme :** Dimensionner un parachute pour que la vitesse d'atterrissage ne soit pas dangereuse.

Questions de cours :

- 1) Qu'est ce que le nombre de Reynolds : expression et signification ?
- 2) Qu'est-ce qu'une force de traînée ?
- 3) Quelle est l'expression de la force de traînée exercée sur un objet par un écoulement de fluide en régime visqueux ? En régime inertiel ?
- 4) Qu'est-ce qu'un coefficient de traînée ? De quoi dépend-il ?
- 5) Qu'est-ce que la relation de Bernoulli : expression et signification ?