

LP 03 : Caractère non galiléen du référentiel terrestre

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Leçons 2020 annexes, titres alternatifs

- Dynamique en référentiel terrestre
- Référentiels non galiléens

Prérequis - Niveau : L2

- Référentiel galiléen et non galiléen, référentiel usuels de la mécanique
- Théorèmes fondamentaux de la dynamique
- (Dynamique en référentiel non galiléen, force d'inertie (Si on veut les redémontrer, au moins Bour-Varignon))
- (Forces de gravitation, forces de marées)

Introduction

Expliciter la notion de jour sidéral et de jour solaire. Même pour définir une notion aussi simple que le "jour", on voit qu'on a des difficultés liées au caractère non galiléen de notre référentiel.

Ebauches de plans

Plan 1 - Orienté référentiel terrestre

1 Mouvement de la terre et conséquence

1.1 Différents référentiels à considérer

- Lister et définir les 3 grand référentiels usuel qu'on va utiliser: Copernic, Géocentrique, Terrestre
- On admettra que le référentiel héliocentrique est galiléen sur des temps très petits devant 250 millions d'années
- Faire le PFD avec forces d'inertie pour le géocentrique, faire apparaitre les termes de marée, montrer faire leurs ordres de grandeurs, montrer qu'ils sont négligeables devant le poids.
- On suppose donc le référentiel géocentrique galiléen pour le reste de notre étude.

1.2 Dynamique dans le référentiels géocentrique et terrestres

- Faire le PFD avec forces d'inertie pour le géocentrique, faire apparaitre les termes de marée, montrer faire leurs ordres de grandeurs, montrer qu'ils sont négligeables devant le poids.
- On suppose donc le référentiel géocentrique galiléen pour le reste de notre étude.
- on applique le PFD dans le ref terrestre en supposant $\vec{\Omega}$ constant (c'est à dire en négligeant la précession des équinoxes, qui s'exprime sur une période de 26000 ans à peu près).
- On obtiens: $m\vec{a}_{Rt}(M) = \sum \vec{F}_i - m\vec{\Omega} \wedge (\vec{\Omega} \wedge \overrightarrow{TM}) - 2m\vec{\Omega} \wedge v(\vec{M}/R_T)$

2 Inertie d'entraînement: Correction du poids

- Faire un beau schéma sur diapo, et faire le calcul
- Obtenir $\vec{g}' = \vec{g} + \Omega^2 R_T \frac{\overrightarrow{HM}}{\|\overrightarrow{HM}\|}$
- Mettre en avant le changement de direction: fil à plomb

- le changement de norme, ordre de grandeur d'environ 3 pour mille (en réalité 5 pour mille à cause d'effet de non sphéricité.

3 Inertie de Coriolis

3.1 Déviation vers l'est

- On néglige ici la correction précédente
- $m\vec{a}_{Rt}(M) = m\vec{g} - 2m\vec{\Omega} \wedge v(M/R_T)$
- On a donc: $\ddot{x} = 0$, $\ddot{z} = -g$ et $\ddot{y} = -2\Omega \cos(\lambda)\dot{z}$
- On résoud et trouve $y(t) = g \Omega \cos(\lambda) \frac{t^3}{3}$
- Expérience de Ferdinand Reich: Puit de mine: H = 158m, $\lambda = 50$, théoriquement $y_c = 27.4$, expérimentalement on trouve 28.4
- Montrer que $\frac{y_c}{h} \propto \frac{t_{chute}}{T_{rot}}$, conclure que si les temps caractéristiques sont négligeables devant 1 jour, alors l'effet de la déviation vers l'est est négligeable.

3.2 Vent géostrophique

- On applique le principe fondamental de la statique des fluides pour obtenir $\rho\vec{g} + \nabla(P) + 2\rho\vec{\Omega} \wedge \vec{v} = 0$
- On projette dans le plan tangent XY: $\vec{v} = \frac{\vec{e}_Z \wedge \nabla_{//}(P)}{2\rho\Omega}$

Plan 2 - Orienté changement de référentiel

- Faire la démo des compositions des vitesses et des accélérations
- PFD en référentiel non galiléen, forces d'inertie
- Applications à des référentiels non galiléens : terrestre, barycentrique, 2001 Space Odyssey, ascenseur en chute libre ...

Bibliographie : démonstrations et exemples

- Pérez, Mécanique
- BFR, Mécanique
- Brasselet, Mécanique
- Compte-rendu LP03 Joseph
- Résolution de problème 2001 Space Odyssey de CPGE : <http://pedagogie.ac-limoges.fr/physique-chimie/spip.php?article677>

Ressources

- C'est pas sorcier vol 0g :
<https://youtu.be/n6eK7Dyylkg>
- Extrait 2001 l'odyssée de l'espace :
<https://youtu.be/04u0Znao7JM>