

Titre : Caractère non galiléen du référentiel terrestre

Présentée par : Pierre Eloi Nillen

Rapport écrit par : Gabriel Gouraud

Correcteur : Robin Zegers

Date : 26/11/2019

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Mécanique	Perez		
Mécanique	Gié		
Toute la mécanique	BFR		

A : Référentiels

1 : Définition

2 : Référentiels usuels

B : Poids et Pesanteur

1 : Définition expérimentale

Définition Le Poids est l'opposé de la force qui maintient un corps à l'équilibre dans R_t

2 : Expression du poids

C : Effet de marées

1 : Calcul

2 : Ordres de grandeurs

D : Force de Coriolis

1 : Déviation vers l'est

2 : Vent géostrophiques

Niveau choisi pour la leçon : Licence

Pré-requis : Dynamique du point, dynamique des fluides, dynamique en référentiel non galiléen, changement de référentiel.

Intro : Historiquement on décrivait la terre comme centrale (orbite circulaire autour de la terre), effectivement il n'est pas évident de réaliser que cela est faux, comment peut on confirmer ou infirmer le caractère galiléen du ref terrestre.

A : Référentiels

1 : Définition

Un ref est un repère de l'espace constitué de 3 axes et d'une origine auquel on associe une horloge.

Un ref est galiléen(gal) si le principe d'inertie y est valable, c'est-à-dire si tout corps au repos a une trajectoire rectiligne uniforme.

RQ : Un ref est gal s'il est en translation rectiligne uniforme par rapport à un ref gal.

2 : Référentiels usuels

Copernic Centré au centre de masse du système solaire, ses 3 axes pointent vers des étoiles lointaine (Quasars) R_c

Héliocentrique Centré au Soleil, ses 3 axes pointent vers des étoiles lointaine (Quasars)

Géocentrique Centré au centre de masse de la Terre, ses 3 axes pointent vers des étoiles lointaine (Quasars)

Terrestre Attaché à la surface de la Terre, ces 3 axes correspondent à l'axe verticale et à 2 directions cardinales. R_t

Comment s'avoir si R_t est non galiléen ?

Cela dépend de l'échelle et du temps d'étude considéré. Le critère dépend aussi de la précision sur les mesures (par exemple la déviation d'un pendule n'est pas la même selon le temps d'étude)

Sur une échelle assez petite et un temps assez court, un ref peut être considéré comme approximativement gal, nous allons maintenant voir en quo R_t n'est pas gal.

B : Poids et Pesanteur

1 : Définition expérimentale

Définition Le Poids est l'opposé de la force qui maintient un corps à l'équilibre dans R_t

2 : Expression du poids

On étudie un point de masse m dans le ref R_t , on écrit le pfd

$$ma_{R_t} = mG(M) + T - ma_e - ma_c$$

$$a_{R_t} = 0$$

$$a_c = 0$$

$$\text{donc } P = mG(M) - ma_e$$

Le poids inclut l'accélération d'entraînement

Def : Pesanteur $g(M) = P/m = G(M) - a_e$ $G(M) = G_t(M) + G_s(M)$ terre plus soleil

$$a_e = a_T/R_c + \Omega^2 MH$$

Avec le pfd on a $a_T/R_c = G_s(T)$ T centre de la terre

$$g(M) = G_T(M) + \Omega^2 MH + G_s(M) - G_s(T) \quad \text{On voit apparaître un terme de marée}$$

Ordre de grandeurs

$$\|\Omega^2 MH\| = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

$$\|g\| = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\|g\|/\|\Omega^2 MH\| = 300$$

C : Effet de marées

1 : Calcul

On suppose la terre petite par rapport à la distance avec l'astre : $TM \ll TK$

K centre de l'astre T centre de la Terre M_K masse de l'astre.

$$a_m = G(M) - G(T) = GM_K(MK/MK^3 - TK/TK^3)$$

$$ML = MT + TK$$

$$MK = TK(1 + (MK/TK)^2 + 2MT.TK/TK^2)^{1/2}$$

$$1/MK^3 = 1/TK^3(1 - 3MT.TK/TK^2)$$

$$a_m = GM_K/TK^3(MT + 3MK(TM.TK)/TK^2)$$

On a calculé le terme de marée qui spaghettifi les corps

2 : Ordres de grandeurs

Marées océanique $h = 1\text{m}$

On peut prédire ce résultat avec la théorie statique des marées ou l'océan suit les iso potentiel.

Bai de Fundy $h = 17\text{m}$, ce résultat est très supérieur au résultat précédent, notre théorie est fautive et ne prend pas en compte l'aspect dynamique.

Méditerranée $h = 20\text{-}50 \text{ cm}$

Soleil Lune Venus Jupiter

Questions posées par l'enseignant

Comment savoir que la terre est en mouvement autour du soleil ?	Avec de l'astronomie
Pourquoi peut-on supposer le référentiel de Copernic comme galiléen ?	Rotation autour de la Voie Lactée en 250 Ma
Dans l'accélération d'entraînement vous négligé le terme en Ω' , pourquoi ?	Très petit, non nul lors de tremblements de terre
Peut on considérer terre et lune ponctuel.	
Que prend en compte le poids ?	Force centrifuge et altitude liée à la déformation de la terre.
Quelles sont les hypothèses pour les marées statique ?	On suppose la pression homogène à la surface de la terre et la staticité.
Pourquoi ne marche t'il pas ?	Il ne prend pas en compte les aspects dynamique résonance avec les cotes etc.
Comment prédit-on les marrées ?	Ondes de gravité en faible profondeur.
Quelqu'un a testé la déviation vers l'est ?	Oui
Dans un cyclone, l'écoulement suit les isobares, pouvez-vous interpréter l'image ?	
Connaissez vous d'autres phénomènes liés à coriolis ?	Les courants sont déviés par rapport au vent.
Comment mesurer les courants ?	Par altimétrie, la pression (et donc l'altitude) dépend de la présence de courant.
Comment expliquer coriolis à un étudiant ?	Expérience de lancé de balle dans un référentiel tournant.
Que penser des tourbillons à l'équateur ?	La force de coriolis y est nulle ou verticale.

Commentaires donnés par l'enseignant

Ne pas passer autant de temps sur les référentiels classiques. (à mettre en prérequis).
Justifier la rotation à vitesse angulaire constante de la terre.
Supposer les astres à symétries sphériques.

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.)

Leçon trop brouillonne avec, en particulier vers la fin (probablement par manque de temps), un trop grand nombre de fautes de calculs. La discussion des écoulements géostrophiques n'a pas pu être menée à son terme par manque de temps.

Plan à revoir et à rééquilibrer. Beaucoup trop de temps perdu dans une discussion des référentiels galiléens usuels dont on peut supposer qu'elle a déjà été menée lors d'une leçon antérieure, par exemple sur les forces d'inertie et les référentiels non-galiléens qui apparaissent en prérequis. De plus, le titre mentionne explicitement le référentiel terrestre. La discussion des autres référentiels, galiléens ou non, doit donc être considérée hors sujet.

Les prérequis doivent contenir les notions d'hydrodynamique utiles si l'on souhaite aborder (ce qui paraît souhaitable) l'influence des forces d'inertie sur les écoulements atmosphériques et/ou océaniques.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates

Fondamentales:

Notion de poids, définition, intérêt

Potentiel/Champ de marée

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Bibliographie conseillée

- Composition de Physique, Agrégation 1999, sur les marées.
- Problème Agrégation sur les marées, Concours ENS sur la tâche rouge de Jupiter à transposer au cas des dépressions dans l'atmosphère terrestre.