Programme de colles Physique PC* - Semaine 15

Une colle comportera :
- une question de cours à traiter en moins de 15 minutes,
- un exercice.

Une question de cours non sue entrainera une note inférieure à la moyenne.

Les démonstrations à savoir (questions de cours - non exhaustives - typiques pouvant être posées par l'examinateur) sont marquées en rouge et introduites par le symbole ☞.

Capacités numériques

Capacités numériques 8, 9 et 10

Résolution de l'équation de diffusion par une méthode d'Euler explicite (la seule au programme).
Utilisation de Numpy.
Étude d'un mouvement dans une force centrale

Mécanique 2

Dynamique du point en référentiel non galiléen

1 Changements de référentiels en mécanique classique

1.1 Notion de référentiel

1.2 Référentiel en translation

1.2.1 Rappel : Définition de la translation

1.2.2 Composition des mouvements

1.2.3 Composition des vitesses

Connaître la loi de composition des vitesses.

1.2.4 Composition des accélérations

Connaître la loi de composition des accélérations.

1.2.5 Cas particulier de la translation rectiligne uniforme : transformation de Galilée

1.2.6 Notion de point coïncident

1.3 Référentiels galiléens

Définition d'un référentiel galiléen, référentiels de Copernic, de Kepler, géocentrique et terrestre.

1.4 Référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe

1.4.1 Définition de la rotation

1.4.2 Composition des mouvements

1.4.3 Composition des vitesses

1.4.4 Composition des accélérations

☞ Connaître la composition des accélérations en utilisant le point coïncident. Savoir l'expression de la force de Coriolis.

2 Loi de la quantité de mouvement - Théorème du moment cinétique

2.1 Référentiel en translation

☞ Savoir écrire le PFD et le TMC dans le cas d'un référentiel non galiléen en translation. Connaître les expressions des forces d'inertie d'entrainement et de Coriolis.

2.2 Référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe.

☞ Savoir écrire le PFD et le TMC dans le cas d'un référentiel non galiléen en translation. Connaître les expressions des forces d'inertie d'entrainement et de Coriolis.

3 Étude énergétique en référentiel non galiléen

3.1 Travail de la force de Coriolis dans un référentiel non galiléen

La force de Coriolis ne travaille pas.

3.2 Théorème de l'énergie cinétique

3.3 Calcul du travail de la force d'inertie d'entrainement dans 2 cas usuels

3.3.1 Cas d'un référentiel en translation rectiligne uniformément accéléré par rapport au référentiel galiléen

3.3.2 Cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe (Oz) fixe

☞ Connaître l'expression de l'énergie potentielle d'entrainement ainsi que sa démonstration.

3.3.3 Théorème de l'énergie mécanique dans un référentiel non galiléen

4 Référentiels géocentrique et terrestre

4.1 Caractère non galiléen du référentiel géocentrique

Les marées ont été abordées et le terme différentiel doit savoir être redémontré

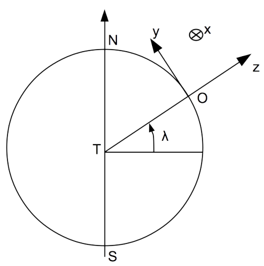
4.2 Caractère non galiléen du référentiel terrestre

4.2.1 Influence de la force d'inertie d'entrainement - Champ de pesanteur

L'exercice ci-dessous peut-être considéré comme exercice de cours.

Exercice :

On suppose que le référentiel géocentrique est galiléen (les marées sont négligées). La Terre tourne autour de son axe Nord-Sud dans le référentiel géocentrique à la vitesse angulaire Ω_T constante. Le rayon de la Terre est noté $R_T = 6300\,\text{km}$ et son centre est noté T. La masse de la Terre est $M_T = 6{,}0.10^{24}\,\text{kg}$ et la constante de gravitation universelle vaut $G = 6{,}67.10^{-11}\,\text{SI}$.
On se place à la surface de la Terre en un point O situé à la latitude λ. On définit localement un repère $(Oxyz)$ avec z situé selon l'axe (TO). $\overrightarrow{u_y}$ est orienté vers le Nord et $\overrightarrow{u_x}$ vers l'Est.



1. Donner la valeur numérique de Ω_T.

   Considérons une masse m accrochée par un fil de longueur l à un point A fixe dans le référentiel terrestre situé à la surface de la Terre.

Le poids $m\overrightarrow{g}$ est défini comme l'opposé de la force de tension exercée par le fil sur la masse à l'équilibre. $\overrightarrow{g}$ est le champ de pesanteur local.
Dit de manière différente, on définit la verticale localement par un fil à plomb : la verticale est donnée par la direction du fil à plomb et est donc dans la direction de $\overrightarrow{g}$.

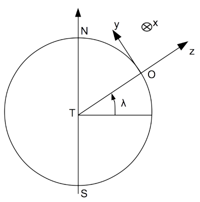
2. En étudiant l'équilibre de la masse accrochée au fil, déterminer l'expression de $\overrightarrow{g}$ en fonction de G, M_T, R_T, Ω_T, λ et de vecteurs unitaires que l'on précisera. Le champ de pesanteur est-il identique au champ gravitationnel ?
3. Montrer que la contribution de l'accélération d'entrainement dans l'expression de $\overrightarrow{g}$ est faible devant l'accélération due au champ gravitationnel.
4. Pour quelle latitude l'intensité de la pesanteur est-elle la plus faible ? Que vaut-elle ? Pour quelle latitude l'intensité de la pesanteur est-elle la plus élevée ? Que vaut-elle ?
5. Pour $\lambda = 45°$, déterminer l'ordre de grandeur de l'angle entre $\overrightarrow{g}$ et $\overrightarrow{u_z}$.

4.2.2 Influence de la force d'inertie de Coriolis - Chute libre et déviation vers l'Est

L'exercice ci-dessous peut-être considéré comme exercice de cours.

Exercice :

La Terre tourne autour de son axe Nord-Sud dans le référentiel géocentrique à la vitesse angulaire Ω_T constante. Le centre de la Terre est noté T.
On se place à la surface de la Terre en un point O situé à la latitude λ. On définit localement un repère $(Oxyz)$ avec z situé selon l'axe (TO). $\overrightarrow{u_y}$ est orienté vers le Nord et $\overrightarrow{u_x}$ vers l'Est.



On creuse au niveau de O un puits dans la direction $\overrightarrow{u_z}$ de profondeur h. On lâche une masse m ponctuelle en O sans vitesse initiale. On supposera que le champ de pesanteur $\overrightarrow{g}$ est selon $\overrightarrow{u_z}$. On néglige les frottements de l'air.

1. La vitesse de la masse est dans le cas général $\overrightarrow{v} = \dot{x}\overrightarrow{u_x} + \dot{y}\overrightarrow{u_y} + \dot{z}\overrightarrow{u_z}$. Déterminer les trois composantes de la force d'inertie de Coriolis.
2. On suppose que les mouvements selon x et y se font à des vitesses négligeables devant celle de la chute libre. En déduire une simplification de la force de Coriolis.
3. Déterminer l'instant τ auquel la masse touche le fond du puits. La masse touche-t-elle le fond du puits à la verticale de O ? Si non, dans quel sens s'est-elle déplacée ? Quelle est la distance D entre le point d'impact de la masse et le point la verticale de O au fond du puits ? Faire l'application numérique pour $h = 160$ m et une latitude de 45°. La valeur expérimentale obtenue est $D = 2{,}8$ cm.

Autres exercices pouvant être posés en question de cours :

Exercice :

Dans le film de François Truffaut "Les 400 coups", le héros, Antoine Doinel, se rend à une fête foraine et pénètre dans un des manèges appelé "le rotor", constitué d'un énorme cylindre vertical qui tourne autour de son axe. Les passagers pénètrent à l'intérieur et s'installent contre la paroi du cylindre. Le cylindre est mis en rotation, d'abord lentement puis de plus en plus vite. Quand la vitesse de rotation est suffisamment grande, le plancher est retiré et les passagers restent collés contre la paroi du cylindre.

1. Expliquer pourquoi les passagers restent collés contre la paroi. Quelle est la force qui les empêche de tomber ? Est-ce sans danger ? Que ressent Antoine Doinel quand il essaie de décoller un bras ou une jambe ?
2. On appelle μ le coefficient de frottement. Déterminer la valeur minimale de la vitesse de rotation du cylindre, en fonction du rayon a du cylindre, de g et de μ, à partir de laquelle on peut retirer le plancher.
3. Application numérique : $a = 4{,}0\,\text{m}$, $\mu = 0{,}4$. Calculer la vitesse minimale de rotation du cylindre en tours par minute.

Exercice :

Estimer la force d'inertie de Coriolis du TGV Paris-Toulouse lorsqu'il se déplace vers le sud.

5 Mécanique des fluides en référentiels non galiléens

5.1 Statique des fluides

☞ Forme de la surface d'un liquide pour un référentiel en translation uniformément accéléré par rapport au référentiel terrestre.
☞ Forme de la surface d'un liquide pour un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe dans le référentiel terrestre.

5.2 Écoulement dans un référentiel non galiléen

Un exercice a été traité en TD pour introduire la généralisation des relations de Bernoulli mais tout exercice devra être guidé.

Électromagnétisme 5

Équations de Maxwell

1 Équations de Maxwell

1.1 Formulation

☞ Connaître par cœur les équations de Maxwell ainsi que leur nom

1.2 Remarques

1.3 Conservation de la charge électrique

☞ Savoir retrouver l'équation locale de conservation de la charge à partir des équations de Maxwell

2 Expression intégrale des équations de Maxwell

Savoir retrouver les expressions intégrales. Savoir retrouver en particulier la loi de Faraday.

3 Relations de passage

Hors-programme.

4 Notion de potentiel vecteur

Hors-programme.

5 Aspects énergétiques

5.1 Puissance volumique reçue par la matière de la part du champ

☞ Savoir remontrer que $dP/dV = \overrightarrow{j}.\overrightarrow{E}$

Application à l'effet Joule, démonstration de $P = RI^2$ pour un barreau parallélépipédique.

5.2 Équation locale de conservation de l'énergie électromagnétique

La démonstration des expressions du vecteur de Poynting et de la densité volumique d'énergie électromagnétique est faite mais est hors-programme.

☞ Les expressions sont par contre à connaître par cœur.

Électromagnétisme 6

ARQS - Induction électromagnétique

1 ARQS

Définition, critère de validité de l'ARQS, conséquences sur les équations de Maxwell.

2 Circuit fixe dans un champ magnétique dépendant du temps

2.1 Loi de Faraday

2.2 Principe de modération de Lenz

☞ La fém induite tend à s'opposer par ses conséquences aux phénomènes qui lui ont donné naissance.

3 Inductance propre - Inductance mutuelle

Définitions, exercice d'application sur le couplage entre deux circuits. Application au transformateur.

4 Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire

Exercice du rail de Laplace, principe de l'alternateur.