

LP n° 05 Titre : Lois de conservation en dynamique

Présentée par : Gloria Bertrand

Rapport écrit par : Alexandra & Jules

Correcteur : Robin Zegers

Date : 12/11/2018

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Physique Spé MP	Gié	tec et doc	
Mécanique 2	BFR	Dunod	84
Tout en un physique mpsi/pcsi/ptsi		Dunod	2003
Tout en un physique PCSI		Dunod	2013
Mécanique	Perez		

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Mécanique du point et du solide

Définition dynamique, loi de conservation. Ici on parle de mécanique classique.
Chaque grandeur obéit à une loi qui lit cette grandeur à sa source.

1min20

I. Lois de conservation

1. Conservation de la quantité de mouvement

On lie la quantité de mouvement à ses sources grâce au PFD. Pour avoir p conservé il faut annuler la somme des forces :

- système isolé (pas de forces)
- système pseudo-isolé (forces se compensent)

impulsion = constante : intégrale première du mouvement.

somme des impulsions initiales = sommes des impulsions finales

Application au recul d'une arme à feu : schéma du système, conservation de l'impulsion entre balle et arme : déduction de la vitesse de recul de l'arme.

Si on transpose cet exemple dans l'espace : même résultat : invariance par translation spatiale : homogénéité dans l'espace

transition : mouvement de rotation

6min30

2. Conservation du moment cinétique

Définition du moment cinétique par rapport à un point.

Lien avec ses sources grâce au théorème du moment cinétique. Si on veut que L se conserve il faut que la somme des moments dynamiques soit nulle.

ex : patineuse sur **slide**, tourne autour de l'axe Delta

$L = J\omega = \text{constante}$ -> la patineuse va tourner plus vite avec les bras repliés que fermés

slide : modélisation de la patineuse par des cylindres. calcul des moments d'inertie. lien entre la vitesse de rotation bras ouverts ou bras repliés. On trouve un rapport de l'ordre de 5.

Lien avec l'invariance par rotation, isotropie de l'espace.

14min

3. Conservation de l'énergie

Théorème Énergie cinétique en rappelant ce qu'est une force conservative. Lien entre la variation d'énergie mécanique et le travail des forces non conservatives.

Energie mécanique constante : intégrale première du mouvement.

Application à l'exemple du pendule simple. **slide**

portrait de phase sur **slide**, présentation des différents mouvements sur la courbe

suite de l'étude : obtention de l'équation du mouvement du système.

lien entre conservation de l'énergie et invariance par translation temporelle : homogénéité du temps.

22min

II. Application au problème à deux corps.

slide pb à deux corps

1. Conservation de la quantité de mouvement, référentiel barycentrique.

conservation de l'impulsion : il existe un référentiel dans lequel l'impulsion est nulle : référentiel barycentrique - centré sur G, axes parallèles à ceux de R. Il est galiléen.

Détermination de l'impulsion P_1^* dans le référentiel barycentrique. introduction de la masse réduite.

En partant d'un système à deux corps on se ramène à un système monocorps : $M(\mu, v)$

29min

2. Conservation du moment cinétique, mouvement plan

Pour s'intéresser à la rotation on a besoin de mener l'étude sur le moment cinétique.

$L = \text{constante}$. Si $L = 0$, mru. sinon : mouvement plan.

On peut exprimer L dans les coordonnées polaires associées au problème (grâce au mouvement plan) et définir la constante des aires. **slide** mouvement plan

32min30

3. Conservation de l'énergie, formes des trajectoires

Energie mécanique constante - On trouve l'expression de l'énergie mécanique et on se sert d'une énergie potentielle type gravitation ou électrostatique en $-K/r$ pour obtenir un puits de potentiel d'énergie potentielle effective

slide présentation des différentes trajectoires suivant la valeur de E_m (cercle, ellipse, parabole, hyperbole). Etat libres et liés.

38min30

Conclusion : cette deuxième partie sur le problème à deux corps nous a permis de mettre les lois de conservation en application.

chaque conservation implique invariance : théorème de Noether

Ouverture sur le théorème de Noether

Questions posées par l'enseignant

- système conservatif : impulsion constante, revenir sur les conditions.
- somme des impulsions initiale = finale, est ce que c'est la même chose que une particule donne toute sa quantité de mouvement à une autre ?
- est ce qu'on peut résoudre n'importe quel problème par conservation de l'impulsion
- dans le cas de l'arme à feu, que se passe-t-il pour l'énergie ? comment le montrer
- Homogénéité du moment cinétique (il manquait la masse)

- Le théorème du moment cinétique est-il toujours valable ?
- Justification de la conservation du moment cinétique = invariance par rotation avec l'exemple de la danseuse à expliquer
- Retour sur la force de tension du fil sur le pendule : toujours orthogonale au mouvement ?
- quel est le critère pour considérer que les oscillations sont de grandes ou petites amplitudes ?
- Est-ce que la définition de la pulsation du système reste vraie même pour les grandes oscillations ? Formule de Borda
- Définition du ref barycentrique : ref en translation par rapport à R. pourquoi il est galiléen ?
- La particule réduite existe-t-elle dans le cas d'un problème à plus de 2 corps ? (Oui) est-ce que c'est un mouvement intéressant ? Non car trop de degrés de liberté
- Que se passe-t-il lorsque que L est conservé ? mouvement plan
- comment montrer la loi des aires ?
- Quelle hypothèse a été faite sur le K de l'énergie potentielle ?
- pourquoi quand on est entre r_{\min} et r_{\max} on a une ellipse ? car pb de Kepler : $1/r$
- est-ce que si on change la forme du potentiel, on a toujours une ellipse ? Non
- est-ce que c'est générique d'obtenir des trajectoires fermées ? non que pour Kepler et potentiel harmonique
- Idée d'autre grandeur conservée ? conservation du vecteur de LRL
- si on prend la conservation de la charge, qu'elle est la symétrie liée ?

Commentaires donnés par l'enseignant

Plan très bien. On peut peut-être regretter l'absence de chocs. On s'est ici placé dans des situations où on sait de toute façon bien calculé, on aurait pu se mettre dans une situation un peu plus complexe où on ne connaît pas tous les détails partout.

Pour l'énergie de l'arme, énergie totale (avec l'énergie interne) conservée. Peut être liée avec la partie sur conservation de l'énergie.

Ne pas dire que la leçon permet de démontrer Noether.

Attention au TMC il y a des hypothèses relatives au point auquel on l'applique. Le vrai théorème c'est le théorème du moment dynamique et le passage des deux fait intervenir un point qui doit être immobile ou en translation selon un axe agréable pour que le TMC soit vrai.

Autres lois de conservation : charge, couleur

Savoir refaire les bilans en relativité

existence ~~de la particule bêta~~ avec un bilan

du neutrino électronique avec l'étude de la radioactivité bêta -

Partie réservée au correcteur

Avis sur le plan présenté

Très bien. Choix judicieux des exemples. L'exemple de l'arme à feu aurait pu être mieux exploité pour faire le lien avec la conservation de l'énergie totale, mais soit.

Concepts clés de la leçon

Tous les théorèmes de conservation en mécanique. Savoir les lier aux symétries continues associées.

Dans le cas du problème de Kepler, exploiter les symétries dynamiques et la conservation du vecteur de Laplace associée.

Concepts secondaires mais intéressants

Conservation en dynamique relativiste. Peut-être riche en exemples conceptuellement importants. Peut de toute façon être un sujet de questions pour le jury.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Tabouret avec roue de vélo en rotation dont on modifie l'axe de rotation du plan horizontal vers la verticale, ou bien avec des poids qu'on rapproche/éloigne de l'axe de rotation du tabouret.

Chocs avec mobiles autoporteurs (mais probablement trop long à mettre en œuvre)

Points délicats dans la leçon

Théorème de Noether qui sous-tend toute la leçon sans pouvoir être précisément explicité et encore moins démontré.

Bibliographie conseillée

