

## LP04 : LOIS DE CONSERVATION EN DYNAMIQUE DES SYSTÈMES (L2)

### Prérequis

- mécanique du point
- mécanique du solide
- principe des bilans

### Idées directrices à faire passer

- bien choisir le système isolé d'étude
- les lois de conservation permettent de résoudre des problèmes même en présence de forces inconnues

### Commentaires du jury

- Il faut insister sur un message : on peut parfois résoudre certains problèmes sans connaître certaines forces

### Bibliographie

- [1] Mécanique 2e année, Gié, Tec & Doc (pour la structure de la leçon)
- [2] Mécanique 1ere année, Brasselet, Puf (pour les collisions entre autres choses)
- [3] J'intègre 1ere année, Sanz, Dunod (pour les forces centrales)

**Introduction [1]** : reprendre l'introduction excellente du Gié

- on connaît la conservation de la masse ou de la charge
- il existe aussi des grandeurs conservées en mécanique
- introduit avec la mécanique newtonienne, elles sont en fait bien plus larges
- valable pour des points matériels, des solides, des systèmes de solides, ou encore des milieux continus

## I Les lois de conservation [1]

### 1 lois d'évolution des grandeurs mécaniques

- s'inspirer largement du Gié
- rappeler les trois lois d'évolution associées à l'énergie mécanique, au moment cinétique et à l'impulsion
- c'est de ces théorèmes que l'on construit les lois de conservation
- noter l'analogie avec l'électromagnétisme par exemple : une grandeur varie sous l'influence d'un terme source

### 2 Conservation de la quantité de mouvement

- définir système isolé (redonner la définition très générale de système)
- donner alors la loi de conservation
- conséquence fondamentale (l'impulsion de l'univers se conserve) et conséquence approximative (puisque un système n'est jamais isolé, mais l'est dans une "bonne approximation")
- conséquence : la Terre subit un mouvement de recul lorsqu'un coureur démarre. Il faut alors considérer le rapport des masses !
- traiter du cas du système ouvert fusée : propulsion par éjection de matière (fait dans le Gié)

### 3 Conservation du moment cinétique

- moment cinétique conservé si le moment des forces extérieures est nul
- cette conservation est exploitée pour construire un gyroscope
- expliquer très rapidement le principe : pourquoi l'axe de rotation reste fixe quelque soit le mouvement du châssis  
-> intérêt en guidage

## 4 Conservation de l'énergie mécanique

- différence fondamentale avec les deux lois précédentes : il faut également que la puissance des actions intérieures soit nulle !
- prendre un système de deux solides en contact avec frottement
- montrer que l'impulsion totale est conservée dans le réf galiléen mais pas l'énergie totale (dissipée par frottement)

## II Mouvement dans un champ à force centrale [3]

### 1 Position du problème

- poser les notations
- définir force centrale conservative (qui dérive d'un potentiel)
- donner des exemples de forces centrales conservatives (gravité, ressort, électrostatique)
- donner les potentiels associés

### 2 Conservation de la quantité de mouvement

- repartir du TMC
- prouver que l'on a alors conservation du moment cinétique
- valeur en coordonnées polaires
- en déduire la planéité de la trajectoire et la loi des aires

### 3 Conservation de l'énergie

- la force étant conservative et le système isolé, l'énergie se conserve
- introduire la notion d'énergie potentielle effective
- analyse graphique des trajectoires : état de diffusion, état lié, trajectoire circulaire

## III Collisions [2]

### 1 position du problème

- on se limite à une étude classique du choc entre deux points matériels (surtout ne pas faire de relativité ici)
- expliquer le grand intérêt des lois de conservation dans ce cas. Ici, il n'est pas possible de connaître les équations du mouvement pendant le choc
- on utilise donc les lois de conservation pour lier l'état après choc à l'état avant choc
- choc = force infinie et durée de contact nulle

### 2 lois de conservation lors d'un choc

- conservation de l'impulsion
- observation de l'énergie sous la condition d'un choc élastique (préciser que les forces extérieures n'ont pas le temps de travailler pendant le choc). En revanche, les forces intérieures sont très importantes.
- parler aussi de la conservation de l'énergie cinétique, puisque l'énergie potentielle est automatiquement conservée (la définition d'un choc est que les particules se voient uniquement sur une plage finie de l'espace)

**Conclusion [1]** : revenir sur le statut particulier de l'énergie dans les lois de conservation. En fait, l'énergie microscopique totale est bien conservée. En fait la thermodynamique explique ce "paradoxe" macroscopique en introduisant une énergie interne. L'énergie mécanique totale est donc la somme de l'énergie mécanique macroscopique et de l'énergie interne (de nature microscopique)

### Q/R

1. D'où vient l'énergie de couplage pour deux pendules ? Comment l'obtient-on ?
2. Que cherchait Rutherford lorsqu'il a monté son expérience ?
3. Réécrire les théorèmes précédents dans le cas de systèmes ouverts.

---

**4. Théorème de Noether.** Associer une propriété d'invariance à toute constante du mouvement :

- conservation de l'impulsion = homogénéité de l'espace
- conservation du moment cinétique = isotropie de l'espace
- conservation de l'énergie = homogénéité du temps