

## PLAN DU COURS :

## D. CAS DES MOUVEMENTS CONSERVATIFS A UNE DIMENSION.

1. Graphe d'énergie potentielle.
  - 1.1 Relation entre force et énergie potentielle,
  - 1.2 Lecture graphique de la force.
1. Position d'équilibre.
2. Stabilité de l'équilibre.

**Questions de cours :****Etablir les conditions sur la fonction énergie potentielle amenant un équilibre stable ou instable en une position donnée.**

3. Barrière et puits de potentiel.
  - 4.1 Barrière de potentiel.
  - 4.2 Energie de franchissement d'une barrière de potentiel.
  - 4.3 Puits de potentiel.
4. Potentiel harmonique.
  - 3.1 Parabolisation d'un puits de potentiel au voisinage d'une position d'équilibre de stable.
  - 3.2 Potentiel harmonique et force de rappel linéaire.
  - 3.3 Equation du mouvement et équation horaire pour de petites oscillations autour d'une position d'équilibre stable.

**Questions de cours :****Etablir les conditions sur la fonction énergie potentielle amenant un équilibre stable ou instable en une position donnée.  
Sur le cas d'un mouvement au voisinage d'une position d'équilibre stable, montrer que l'on est ramené au modèle d'un oscillateur harmonique, dont on peut déterminer la pulsation propre.**

## E. MOUVEMENT DE PARTICULES CHARGÉES DANS DES CHAMPS ÉLECTRIQUES OU MAGNÉTIQUES STATIONNAIRES.

1. Interactions électromagnétiques, loi de force de Lorentz.
2. Puissance de la force de Lorentz.
3. Champ, potentiel et énergie potentielle d'interaction électrostatique.
  - 3.1 Cas du champ créé par une charge ponctuelle.
  - 3.2 Cas d'un champ électrique uniforme.
  - 3.3 Comparaison entre gravitation et interaction électrostatique.
4. Bilan énergétique pour des mouvements dans un champ électrique.
  - 4.1 Distance minimale d'approche
  - 4.2 Energie d'une particule accélérée par un champ électrique.
5. Comparaison entre gravitation et interaction électrostatique. (Ordre de grandeur des forces de gravitation, de pesanteur et d'interaction électrique sur un exemple). Conclusion (actions de gravitation négligeables).
6. Mouvement dans un champ électrique uniforme.
  - 6.1 Equation de la trajectoire,
  - 6.2 Application : Etude de la déflexion électrostatique d'un faisceau de particules chargées, calcul de la déviation.

**Questions de cours :**

Décrire et donner les expressions du champ électrique et du potentiel électrostatique dans le cas d'un champ uniforme, ou dans le cas d'un champ créé par une charge électrique ponctuelle. Connaître la relation entre champ électrique et potentiel électrostatique. Donner l'expression de l'énergie potentielle d'une charge interagissant dans ces champs et connaître sa relation à la force électrique.

1. Mouvement dans un champ magnétique uniforme.

Trajectoire et mouvement d'une particule déviée par un champ magnétique uniforme et stationnaire.

7.1 Conservation de l'énergie cinétique et de la vitesse.

7.2 Cas du mouvement circulaire. Etude de la déflexion magnétique d'un faisceau de particules chargées, dans la base de Frénet. Détermination du rayon de la trajectoire, supposée circulaire. Périodicité du mouvement.

7.3 Mouvement d'une particule chargée introduite dans le champ magnétique uniforme avec une vitesse orthogonale à celui-ci. Etude analytique en base cartésienne, emploi d'une variable complexe.

7.4 (Culturel). Applications : présentation qualitative d'un spectromètre de masse, avec filtre de vitesse, principe d'un cyclotron.

**Questions de cours :**

Etablir l'expression du rayon de la trajectoire circulaire et de la période de révolution d'une particule chargée introduite dans un champ magnétique uniforme, et justifier des conditions sur la vitesse initiale amenant ce type de trajectoire.

## F LOIS DU MOMENT CINÉTIQUE

Ce chapitre d'introduction sur le Théorème du Moment Cinétique a seulement vocation à permettre l'utilisation de cette notion sur le cas des forces centrales, impliquant la conservation du moment cinétique. Ce résultat sera exploité dans le chapitre suivant. L'utilisation du théorème du moment cinétique dans des situations plus variées (mouvement de solides en rotation) sera développée dans un chapitre ultérieur.

1. Moment d'une force, notion de bras de levier.

1.1 Introduction

1.2 Moment d'une force en un point.

1.3 Moment d'une force par rapport à un axe orienté.

2. Moment cinétique.

2.1 Observation introductive.

2.2 Moment cinétique d'un point matériel.

Moment cinétique par rapport à un point, moment cinétique par rapport à un axe.

Application au mouvement circulaire.

2.3 Moment cinétique d'un système de points par rapport à un axe orienté.

3. Théorème du moment cinétique.

3.1 TMC pour un point matériel dans un référentiel galiléen.

Énoncé, démonstration,

3.2 Conservation du moment cinétique pour une force centrale.

**Questions de cours :**

Démontrer le TMC pour un point matériel en référentiel galiléen.

Exercices simples sur l'utilisation du TMC pour un point matériel.

## G MOUVEMENTS DANS UN CHAMPS DE FORCE CENTRALE CONSERVATIF

### [SUR CETTE PARTIE : COURS UNIQUEMENT]

1. Mouvements à forces centrales.

1.1 Force centrale, centre d'interaction.

1.2 Conservation du moment cinétique.

- 1.3 Un mouvement nécessairement plan
- 1.4 Loi des Aires
- 2. Cas de forces centrales conservatives.
- 2.1 Energie potentielle, conservation de l'énergie mécanique.
- 2.2 Energie potentielle effective.
- 2.3 Etats liés et états de diffusion.

L'application de ces concepts et méthodes au cas des mouvements dans les champs gravitationnels en particulier (notamment le cas des orbites elliptiques) ne sera au programme que pour la semaine suivante.

**Questions de cours :**

Montrer qu'un mouvement à force centrale d'un point matériel amène une conservation du moment cinétique, et qu'il est nécessairement plan. Enoncer et établir la loi des aires.

Présenter la notion d'énergie potentielle effective et expliquer son intérêt.

*Tout exercice sur la mécanique du point, en particulier ceux employant les outils énergétiques (énergie cinétique, énergie potentielle et énergie mécanique).*

**Programme de référence.**

| 2.3 Approche énergétique du mouvement d'un point matériel                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Puissance, travail et énergie cinétique</b><br>Puissance et travail d'une force dans un référentiel.                                                                | Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Théorèmes de l'énergie cinétique et de la puissance cinétique dans un référentiel galiléen, dans le cas d'un système modélisé par un point matériel ?                  | Utiliser le théorème approprié en fonction du contexte.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Champ de force conservative et énergie potentielle</b><br>Énergie potentielle.<br><br>Lien entre un champ de force conservative et l'énergie potentielle. Gradient. | Établir et citer les expressions de l'énergie potentielle de pesanteur (champ uniforme), de l'énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), de l'énergie potentielle élastique.<br><br>Déterminer l'expression d'une force à partir de l'énergie potentielle, l'expression du gradient étant fournie.<br><br>Dédire qualitativement, en un point du graphe d'une fonction énergie potentielle, le sens et l'intensité de la force associée. |
| <b>Énergie mécanique</b><br>Énergie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique.<br><br>Mouvement conservatif.                                                          | Distinguer force conservative et force non conservative.<br>Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique.<br><br>Utiliser les conditions initiales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Mouvement conservatif à une dimension.                                                                                                                                 | Identifier sur un graphe d'énergie potentielle une barrière et un puits de potentiel.<br><br>Dédire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Positions d'équilibre. Stabilité.                                                                                            | Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre. Analyser qualitativement la nature, stable ou instable, de ces positions.                                                                                                                                                  |
| Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, approximation locale par un puits de potentiel harmonique. | Établir l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre.<br><br><u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, résoudre numériquement une équation différentielle du deuxième ordre non-linéaire et faire apparaître l'effet des termes non-linéaires. |

| <b>2.4. Mouvement de particules chargées dans des champs électrique et magnétostatique, uniformes et stationnaires</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Force de Lorentz exercée sur une charge ponctuelle ; champs électrique et magnétique.                                                                       | Évaluer les ordres de grandeur des forces électrique ou magnétique et les comparer à ceux des forces gravitationnelles.                                                                                                                                 |
| Puissance de la force de Lorentz.                                                                                                                           | Justifier qu'un champ électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule alors qu'un champ magnétique peut courber la trajectoire sans fournir d'énergie à la particule.                                                                      |
| Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme.                                                                                   | Mettre en équation le mouvement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant.<br><br>Effectuer un bilan énergétique pour déterminer la valeur de la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel. |
| Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où le vecteur-vitesse initial est perpendiculaire au champ magnétique. | Déterminer le rayon de la trajectoire et le sens de parcours.                                                                                                                                                                                           |