

Thème2-Meca-2.1 Description et paramétrage du mouvement d'un point

- Espace et temps classiques. Référentiel d'observation. Caractère relatif du mouvement. Caractère absolu des distances et des intervalles de temps.
- Description d'un mouvement. Vecteur-position, vecteur-vitesse, vecteur-accélération.
- Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphérique.
- Expressions du vecteur position en cartésien et cylindrique et sphérique.
- Expressions du déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées.
- Expressions de \vec{v} en bases cartésiennes et cylindro-polaires.
- Expressions de \vec{a} en bases cartésiennes et cylindro-polaires.

Établir les expressions des composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération dans le seul cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.

Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, construire le trièdre local associé et en déduire les composantes du vecteur-vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques. Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé.

- Mouvements usuels :
 - Mouvement rectiligne uniforme, uniformément varié,
 - Mouvement à vecteur accélération constant : exprimer la vitesse et la position en fonction du temps, obtenir la trajectoire en coordonnées cartésiennes.
 - Mouvement circulaire : expressions des composantes des vecteurs position, vitesse et accélération en coordonnées polaires planes.
- Identifier les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur vitesse et sa variation temporelle.

Situer qualitativement la direction du vecteur accélération dans la concavité d'une trajectoire plane.

- Repérage d'un point dont la trajectoire est connue. Vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour une trajectoire plane. Situer qualitativement la direction du vecteur vitesse et du vecteur accélération pour une trajectoire plane. Exploiter les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur vitesse et sa variation temporelle.

Thème2-Meca-2.2 Lois de Newton

- Masse d'un système. Conservation de la masse pour système fermé.
- Quantité de mouvement d'un point matériel.
- Première loi de Newton : principe d'inertie. Référentiels galiléens. Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.
- Notion de force. Troisième loi de Newton. Établir un bilan des forces sur un point matériel et en rendre compte sur une figure.
- Deuxième loi de Newton. Théorème de la quantité de mouvement dans un référentiel galiléen. Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel.
- Poussée d'Archimède.
- Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme sans résistance de l'air. Mettre en équation le mouvement sans frottement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant.
- Chute libre avec ou sans résistance de l'air.
- Pendule simple. Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approxi-

mation linéaire.

Établir l'équation du portrait de phase (intégrale première) dans ce cadre et le tracer.

- Lois de Coulomb du frottement de glissement dans le seul cas d'un solide en translation.

Exploiter les lois de Coulomb fournies dans les trois situations : équilibre, mise en mouvement, freinage.

Formuler une hypothèse (quant au glissement ou non) et la valider.

A2-Meca-2.2 Approche énergétique du mouvement d'un point matériel

- Puissance, travail élémentaire et travail d'une force.
Reconnaître la caractère moteur ou résistant d'une force.
Savoir que la puissance dépend du référentiel d'étude.
- Énergie cinétique d'un point matériel.
- Loi de l'énergie cinétique (sous toutes ses formes : puissance, élémentaire, intégrale) dans un référentiel galiléen.
Utiliser la loi appropriée en fonction du contexte.
- Énergie potentielle : établir et connaître les expressions des énergies potentielles de pesanteur (champ uniforme), de l'énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), de l'énergie potentielle élastique, de l'énergie potentielle électrostatique (champ uniforme et champ créé par une charge ponctuelle).
- Énergie mécanique d'un point matériel.
- Théorème de l'énergie mécanique.
- Cas de conservation de l'énergie mécanique (intégrale première du mouvement).
Distinguer force conservative et force non conservative. Reconnaître les cas

de conservation de l'énergie mécanique. Utiliser les conditions initiales.

- Mouvement conservatif à une dimension.
Déduire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.
Expliquer qualitativement le lien entre le profil d'énergie potentielle et le portrait de phase.
- Positions d'équilibre, stabilité.
Déduire d'un graphe en énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre et 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. Identifier cette situation au modèle de l'oscillateur harmonique.
- Barrière de potentiel.
Évaluer l'énergie minimale nécessaire pour franchir la barrière.

A2-Meca-3 Mouvement de particules chargées dans des champs électrique et magnétique, uniformes et stationnaires

- Force de Lorentz exercée sur une charge ponctuelle; champ 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.
Savoir 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.

Effectuer un bilan énergétique pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel.

Citer une application

- Mouvement circulaire d'une particule dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où le vecteur vitesse initial est perpendiculaire au champ magnétique.

Déterminer le rayon de la trajectoire sans calcul en admettant que celle-ci est circulaire.

Citer une application

B1-Meca2-4.1 Loi du moment cinétique

- Moment cinétique d'un point matériel par rapport à un point ou par rapport à un axe orienté.

Relier la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement.

- Loi du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen pour un point matériel.

Reconnaître les cas de conservation du moment cinétique.

- Loi scalaire du moment cinétique par rapport à un axe fixe.
- Application au pendule simple.

A2,B1-Meca1,2 Mécanique du solide et système de points

- Définition d'un solide

Différencier un solide d'un système déformable

- Solide en translation

Reconnaître et décrire une translation rectiligne, une translation circulaire

- Solide en rotation autour d'un axe fixe

Décrire la trajectoire d'un point quelconque du solide et exprimer sa vitesse en fonction de sa distance à l'axe et de la vitesse angulaire.

- Centre d'inertie d'un système fermé de points ou solide.

- Quantité de mouvement d'un système de points. Lien avec la vitesse du centre d'inertie d'un système fermé.

Établir l'expression de la quantité de mouvement d'un système restreint au cas de deux points sous la forme $\vec{p} = m\vec{v}(G)$.

- Loi de la quantité de mouvement dans un référentiel galiléen.

Déterminer les équations du mouvement du centre d'inertie d'un système fermé.

- Lois de Coulomb du frottement de glissement dans le seul cas d'un solide en translation.

Exploiter les lois de Coulomb fournies dans les trois situations : équilibre, mise en mouvement, freinage.

Formuler une hypothèse (quant au glissement ou non) et la valider.

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

Maîtriser le caractère algébrique du moment cinétique scalaire.

- Moment cinétique scalaire d'un solide en rotation autour d'un axe fixe orienté : moment d'inertie.

Exploiter la relation pour le solide entre le moment cinétique scalaire, la vitesse angulaire de rotation et le moment d'inertie fourni.

Relier qualitativement le moment d'inertie à la répartition des masses.

- Moment d'une force par rapport à un point ou un axe orienté.

Calculer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.

- Couple. Définir un couple.
- Liaison pivot. Définir une liaison pivot et justifier le moment qu'elle peut produire.
- Loi scalaire du moment cinétique pour un solide en rotation autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen.
- Pendule de torsion.
Établir l'équation du mouvement.
Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique.
Établir une intégrale première du mouvement.
- Pendule pesant.
Établir l'équation du mouvement.
Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique.
Établir une intégrale première du mouvement.
Lire et interpréter le portrait de phase : bifurcation entre un mouvement pendulaire et un mouvement révolitif.
- Énergie cinétique d'un solide en rotation.
Utiliser la relation $E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2$, l'expression de J_{Δ} étant fournie.
- Loi de l'énergie cinétique pour un solide.
Établir l'équivalence dans ce cas entre la loi scalaire du moment cinétique et celle de l'énergie cinétique.
- Loi de l'énergie cinétique pour un système déformable.
Prendre en compte le travail des forces intérieures. Utiliser sa nullité dans le cas d'un solide.

B5-Meca2-5 Mouvement dans un champ de fcc

- Définition d'un champ de force centrale.
- Point matériel soumis à un seul champ de force centrale.

Déduire de la loi du moment cinétique la conservation du moment cinétique.
Connaître les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan et loi des aires.

- Conservation de l'énergie mécanique : énergie potentielle effective, état lié et état de diffusion.
Exprimer la conservation de l'énergie mécanique et construire une énergie potentielle effective.
Décrire qualitativement le mouvement radial à l'aide de l'énergie potentielle effective. Relier le caractère borné à la valeur de l'énergie mécanique.
- Mouvement dans un champ de force centrale newtonien ; lois de Képler.
Énoncer les lois de Kepler pour les planètes et les transposer au cas des satellites terrestres.
- Étude directe et propriétés particulières des trajectoires circulaires : relation entre énergie cinétique et énergie potentielle, relation entre vitesse et rayon, troisième loi de Kepler.
Montrer que le mouvement est uniforme et savoir calculer sa période.
Établir la troisième loi de Képler. Exploiter sans démonstration sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique.
- Énergie mécanique dans le cas du mouvement circulaire puis dans le cas du mouvement elliptique .
Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement circulaire.
Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement elliptique en fonction du demi-grand axe.
- Satellite géostationnaire : Calculer l'altitude du satellite et justifier sa localisation dans le plan équatorial.
- Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération.
Exprimer ces vitesses et connaître leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.

3-Meca1.1 Changements de référentiels en mécanique classique

- Cas d'un référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un autre : transformation de Galilée, composition des vitesses.

Relier ces lois à la relation de Chasles et au caractère supposé absolu du temps.

- Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel en translation par rapport à un autre : point coïncident, vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement.

Utiliser le point coïncident pour exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement.

- Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe : point coïncident, vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement, accélération de Coriolis.

Utiliser le point coïncident pour exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement.

Citer et utiliser l'expression de l'accélération de Coriolis.

3-Meca1.2 Dynamique en référentiel non galiléen

- Cas d'un référentiel en translation par rapport à un référentiel galiléen : force d'inertie d'entraînement.

Déterminer la force d'inertie d'entraînement.

Appliquer la loi de la quantité de mouvement, la loi du moment cinétique et la loi de l'énergie cinétique dans un référentiel non galiléen.

- Cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen : force d'inertie d'entraînement, force d'inertie de Coriolis.

Exprimer la force d'inertie axifuge et la force d'inertie de Coriolis.

Associer la force d'inertie axifuge à l'expression familière « force centrifuge ».

Appliquer la loi de la quantité de mouvement, la loi du moment cinétique et la loi de l'énergie cinétique dans un référentiel non galiléen.

- Exemples :

— champ de pesanteur : définition, évolution qualitative avec la latitude, ordres de grandeur ;

Distinguer le champ de pesanteur et le champ gravitationnel.

— équilibre d'un fluide dans un référentiel non galiléen en translation ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen.

Établir et utiliser l'expression de la force d'inertie d'entraînement volumique.