

A2-Meca1 Description et paramétrage du mouvement d'un point

- Espace et temps classiques. Notion de référentiel. Caractère relatif du mouvement. Caractère absolu des distances et des intervalles de temps.
Citer une situation où la description classique de l'espace ou du temps est prise en défaut.
- Description du mouvement d'un point. Vecteurs position, vitesse et accélération.
- Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques.
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. Établir les expressions des composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération dans le seul cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.
Identifier les degrés de liberté d'un mouvement. Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé.
- Mouvement à vecteur accélération constant.
Exprimer le vecteur vitesse et le vecteur position en fonction du temps.
Établir l'expression de la trajectoire en coordonnées cartésiennes.
- Mouvement circulaire uniforme et non uniforme.
Exprimer les composantes du vecteur position, du vecteur vitesse et du vecteur accélération en coordonnées polaires planes.
- 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.

A2-Meca2 Lois de Newton

- Masse d'un système. Conservation de la masse pour système fermé.
Exploiter la conservation de la masse pour un système fermé.
- Quantité de mouvement d'un point matériel et d'un système de points. Lien avec la vitesse du centre de masse d'un système fermé.
Établir l'expression de la quantité de mouvement pour un système de deux points sous la forme : $\vec{p} = m\vec{v}(G)$.
- 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 système ou sur plusieurs systèmes en interaction et en rendre compte sur un schéma.
- Deuxième loi de Newton. Théorème de la quantité de mouvement.
Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel ou du centre de masse d'un système fermé dans un référentiel galiléen.
- Force de gravitation.
- Modèle du champ de pesanteur uniforme au voisinage de la surface d'une planète.
- Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme.
Étudier le mouvement d'un système modélisé par un point matériel dans un champ de pesanteur uniforme en l'absence de frottement.
- Modèles d'une force de frottement fluide. Influence de la résistance de l'air sur un mouvement de chute.
Exploiter, sans la résoudre analytiquement, une équation différentielle : analyse en ordres de grandeur, détermination de la vitesse limite, utilisation des

résultats obtenus par simulation numérique.

Écrire une équation adimensionnée.

- Modèle linéaire de l'élasticité d'un matériau.

Modéliser un comportement élastique par une loi de force linéaire; extraire une constante de raideur et une longueur à vide à partir de données mesurées ou fournies.

Analyser la limite d'une modélisation linéaire à partir de documents expérimentaux.

- Tension d'un fil. Pendule simple.

Établir l'équation du mouvement du pendule simple.

Justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approximation linéaire.

- Modèle des lois de frottement de glissement : lois de Coulomb.

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-Meca3 **Approche énergétique du mouvement d'un point matériel**

- Puissance et travail d'une force dans un référentiel.

Reconnaître la 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.

- Énergie potentielle. Lien entre un champ de force conservative et l'énergie potentielle. Gradient.

Établir et citer les expressions de l'énergies potentielle de pesanteur (champ

uniforme), de l'énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), de l'énergie potentielle élastique.

Déterminer l'expression d'une force à partir de l'énergie potentielle, l'expression du gradient étant fournie.

Déduire qualitativement, en un point du graphe d'une fonction énergie potentielle, le sens et l'intensité de la force associée.

- Énergie mécanique d'un point matériel.

- Théorème de l'énergie mécanique.

- Mouvement conservatif.

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.

Identifier sur un graphe d'énergie potentielle une barrière et un puits de potentiel.

Déduire 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 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.

Établir l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre.

Capacité numérique : 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.

A2-Meca4 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.
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.
Effectuer un bilan énergétique pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel.
- 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 et le sens de parcours.

B2-Meca5 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.

- Moment cinétique d'un système discret de points par rapport à un axe orienté.
Utiliser le caractère algébrique du moment cinétique scalaire.
- Moment d'une force par rapport à un point ou un axe orienté.
Exprimer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.
- Théorème du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen.
- Conservation du moment cinétique.
Identifier les cas de conservation du moment cinétique.

B2-Meca6 Mouvement dans un champ de fcc

- Point matériel soumis à un champ de force centrale.
Établir la conservation du moment cinétique à partir du TMC.
Établir les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan et loi des aires.
- Point matériel soumis à un champ de force centrale conservatif : conservation de l'énergie mécanique.
- Énergie potentielle effective. État lié et état de diffusion.
Exprimer l'énergie mécanique d'un système conservatif ponctuel à partir de l'équation du mouvement.
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 du mouvement radial à la valeur de l'énergie mécanique.
Capacité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, obtenir des trajectoires d'un point matériel soumis à un champ de force centrale conser-

vatif.

- Cas particulier du champ newtonien ; lois de Képler.
Énoncer les lois de Kepler pour les planètes et les transposer au cas des satellites terrestres.
- Cas particulier du mouvement circulaire : satellite, planète.
Établir que le mouvement est uniforme et déterminer sa période.
Établir la troisième loi de Képler dans le cas particulier de la trajectoire circulaire. Exploiter sans démonstration sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique.
- Énergie mécanique dans le cas du mouvement circulaire et 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.
- Satellites terrestres : satellite géostationnaire, de localisation et de navigation, météorologique.
Différencier les orbites des satellites terrestres en fonction de leurs missions.
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 citer leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.

B2-Meca7 Mouvement d'un solide

- Définition d'un solide
Différencier un solide d'un système déformable
- Solide en translation
Reconnaître et décrire une translation rectiligne ainsi qu'une translation cir-

culaire

- 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.
- Moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe : moment d'inertie.
Exploiter, pour un solide, la relation 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.
- Couple.
Définir un couple.
- Liaison pivot.
Définir une liaison pivot et justifier le moment qu'elle peut produire.
- Théorème scalaire du moment cinétique appliqué au solide en rotation autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen.
Exploiter le théorème scalaire du moment cinétique appliqué au solide en rotation autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen.
- Pendule de torsion.
Établir l'équation du mouvement.
Établir une intégrale première du mouvement.
- Pendule pesant.
Établir l'équation du mouvement.
Établir une intégrale première du mouvement.
Capacité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, mettre en évidence le non isochronisme des oscillations.
- Énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.
Utiliser l'expression de l'énergie cinétique, l'expression du moment d'inertie étant fournie.
- Théorème de l'énergie cinétique pour un solide en rotation autour d'un axe fixe.

Établir, dans ce cas, l'équivalence entre le théorème scalaire du moment cinétique et celui de l'énergie cinétique.

- Théorème 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.

4-Meca1 Changements de référentiels

- Référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un autre : transformation de Galilée, composition des vitesses.

Relier la transformation de Galilée et la formule de composition des vitesses 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.

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.

Exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement.

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

4-Meca2 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 deuxième loi de Newton, le théorème du moment cinétique et

le théorème 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 deuxième loi de Newton, le théorème du moment cinétique et le théorème de l'énergie cinétique dans un référentiel non galiléen.

- Champ de pesanteur : définition, évolution qualitative avec la latitude, ordres de grandeur. Distinguer le champ de pesanteur et le champ gravitationnel.

Capacité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, illustrer un effet lié au caractère non galiléen du référentiel terrestre

- 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.