

Table des matières

Chapitre 1 : Cinématique du point matériel.....	13
1 NOTIONS D'ESPACE ET DE TEMPS EN MECANIQUE.....	13
2 GRANDEURS CINEMATQUES ASSOCIEES AU MOUVEMENT D'UN POINT : POSITION, VITESSE ET ACCELERATION	16
3 EXPRESSION DE LA VITESSE ET DE L'ACCELERATION DANS LES BASES CLASSIQUES DE PROJECTION.....	18
4 CHAMP DES VITESSES DANS UN SOLIDE ET CONCEPT DE POINT MATERIEL.....	21
5 APPLICATION HISTORIQUE DE LA CINEMATIQUE DU POINT MATERIEL AU PROBLEME DE LA BRACHISTOCHRONE*	23
6 L'EFFET DOPPLER ETUDIE COMME UN PROBLEME DE CINEMATIQUE DU POINT	25
7 COURSE POURSUITE*.....	28
Chapitre 2 : Dynamique du point matériel en référentiel galiléen.....	31
1 ÉVOLUTION DES IDEES EN MECANIQUE : D'ARISTOTE A NEWTON.....	31
2 GRANDEURS PHYSIQUES DE LA MECANIQUE NEWTONIENNE	33
3 QUANTITE DE MOUVEMENT OU IMPULSION D'UN SYSTEME MECANIQUE	34
4 ACTIONS EXERCEES SUR UN SYSTEME MECANIQUE ET CONCEPT DE FORCE.....	35
5 LOIS DE NEWTON EN REFERENTIEL INERTIEL.....	36
6 THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE DANS UN REFERENTIEL INERTIEL.....	40
7 VITESSE, ACCELERATION ET TRAJECTOIRE.....	42
Chapitre 3 : Mouvement libre du point matériel dans le champ de pesanteur.....	43
1 CHAMP DE GRAVITATION ET CHAMP DE PESANTEUR TERRESTRE	43
2 MOUVEMENT LIBRE DANS LE CHAMP DE PESANTEUR TERRESTRE	44
3 LANCEMENT D'UN POINT MATERIEL AVEC FLECHE ET SANS FROTTEMENT	49
4 CHUTE LIBRE D'UN OBJET PESANT EN REGIME TURBULENT DE FROTTEMENT	56
5 LANCER AVEC FLECHE ET FROTTEMENT FLUIDE LAMINAIRE	58
Chapitre 4 : Mouvement guidé du point matériel dans le champ de pesanteur	63
1 MODELISATION DES FORCES DE LIAISONS.....	63
2 MOUVEMENT GUIDES RECTILIGNES.....	68
3 MOUVEMENTS GUIDES CURVILIGNES*	72
Chapitre 5 : Oscillations harmoniques du point matériel	79
1 LOIS DE HOOKE DE L'ELASTICITE	79
2 MOUVEMENT HORIZONTAL LIBRE ET SANS FROTTEMENT D'UN POINT MATERIEL SOUS L'ACTION D'UNE FORCE ELASTIQUE DE RAPPEL	80
3 OSCILLATIONS AMORTIES PAR FROTTEMENT FLUIDE	88
4 ÉTUDE DU FROTTEMENT SEC DE CONTACT AVEC UNE APPROCHE GEOMETRIQUE**	95
5 MODELES ELECTROCINETIQUES DES OSCILLATEURS AMORTIS	98
Chapitre 6 : Oscillateurs non linéaires **	101
1 OSCILLATION D'UN RESSORT DANS UN PLAN HORIZONTAL AVEC FROTTEMENT SEC.....	101
2 OSCILLATIONS D'UN RESSORT AVEC FROTTEMENT SEC SUR UN PLAN INCLINE.....	107
3 OSCILLATEUR DE TIMOCHENKO*.....	109

Chapitre 6 : Oscillateurs non linéaires **	101
4 PHENOMENE DE STICK-SLIP.....	110
5 LE PENDULE SIMPLE COMME EXEMPLE D'OSCILLATEUR NON LINEAIRE.....	116
6 OSCILLATEURS NON LINEAIRES AVEC LES METHODES DE PERTURBATION DE LINDSTEDT-POINCARÉ**	127
Chapitre 7 : Oscillateurs paramétriques et équation de Mathieu**	129
1 MODELE SIMPLIFIE DU BOTAFUMEIRO ET ORIGINE DE LA RESONANCE	129
2 L'OSCILLATEUR PARAMETRIQUE OU OSCILLATEUR DE MATHIEU.....	133
Chapitre 8 : Oscillations forcées de l'oscillateur linéaire.....	141
1 REGIME TRANSITOIRE ET REGIME PERMANENT D'UN SYSTEME LINEAIRE FORCE	141
2 EXEMPLE D'OSCILLATEUR HARMONIQUE FORCE.....	144
3 EXEMPLES D'OSCILLATEURS FORCES : SISMOGRAPHE ET AMORTISSEUR	152
Chapitre 9 : Oscillations harmoniques couplées	159
1 OSCILLATIONS LIBRES COUPLEES DES DEUX EXTREMITES D'UN RESSORT	159
2 OSCILLATIONS COUPLEES ENTRE DEUX RESSORTS.....	163
3 OSCILLATEURS COUPLES EN REGIME FORCE	172
Chapitre 10 : Position d'équilibre et stabilité des systèmes à un seul degré de liberté.....	177
1 CLASSIFICATION ENERGETIQUE DES FORCES SUBIES PAR UN POINT MATERIEL.....	177
2 POSITIONS D'EQUILIBRE ET STABILITE AU VOISINAGE DE L'EQUILIBRE D'UN SYSTEME CONSERVATIF A UN DEGRE DE LIBERTE	179
3 BARRIERE ET Puits DE POTENTIEL. CONSTRUCTION DES PORTRAITS DE PHASE A PARTIR DU POTENTIEL DE FORCE	182
4 APPLICATION A L'ETUDE D'UN OSCILLATEUR BISTABLE	187
Chapitre 11 : Particules chargées dans un champ électromagnétique uniforme et constant.....	193
1 PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP ELECTRIQUE UNIFORME ET CONSTANT	193
2 MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME ET CONSTANT	197
3 MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE EN CHAMPS CROISES.....	200
4 ACCELERATEUR CIRCULAIRE DE PARTICULE	203
5 SPECTROGRAPHE DE MASSE	204
6 L'EFFET ZEEMAN CLASSIQUE	205
Chapitre 12 : Particule dans un champ magnétique inhomogène ou variable dans le temps**	207
1 APPROXIMATION DES VARIATIONS LENTES DU CHAMP	207
2 MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE A VARIATION LENTE DANS LE TEMPS	208
3 MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN GRADIENT DE FAIBLE AMPLITUDE DE CHAMP MAGNETIQUE.....	210
4 MIROIR MAGNETIQUE ET CONFINEMENT DE PLASMA.....	214
Chapitre 13 : Piégeage de particules chargées*.....	217
1 LE THEOREME D'EARNshaw OU LA PROBLEMATIQUE DU PIEGEAGE.....	217
2 LES TECHNIQUES DE PIEGEAGE	217
3 LE POTENTIEL QUADRUPOLAIRE.....	219
4 PRINCIPE DU PIEGE DE PENNING	221
5 LE PIEGE DE PAUL**.....	222
6 INTERPRETATION ENERGETIQUE DU PIEGEAGE DANS LE CAS DU MAGNETRON	224

Chapitre 14 : Modèles classiques de conduction.....	229
1 « L'ARCHEO-METAL » DE DRUDE.....	229
2 CONDUCTIVITE EN PRESENCE D'UN CHAMP MAGNETIQUE.....	232
3 RESONANCE CYCLOTRON D'AZBEL KANER.....	234
Chapitre 15 : Mouvement microscopique de précession et notions sur la RMN*	237
1 MOMENT MAGNETIQUE ET MOMENT CINETIQUE, LES DEUX FRERES SIAMOIS.....	237
2 PRECESSION D'UN MOMENT MAGNETIQUE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME ET CONSTANT	239
3 PARAMAGNETISME NUCLEAIRE ET DIAMAGNETISME ELECTRONIQUE	240
4 MODELE SIMPLIFIE DE LA RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE	241
5 MODELISATION PAR LES EQUATIONS DE BLOCH.....	243
Chapitre 16 : Mouvement d'un point matériel dans un référentiel non galiléen.....	245
1 LOI DE COMPOSITION DES MOUVEMENTS.....	245
2 LA SECONDE LOI DE NEWTON EN REFERENTIEL NON INERTIEL.....	250
3 EXEMPLES DE MOUVEMENTS DANS LE CAS SIMPLE DE LA TRANSLATION RECTILIGNE UNIFORMEMENT ACCELEREE	252
4 EXEMPLES DE MOUVEMENTS DANS UN REFERENTIEL EN ROTATION UNIFORME.....	256
Chapitre 17 : le référentiel géocentrique et terrestre*.....	267
1 LE REFERENTIEL GEOCENTRIQUE ET LA THEORIE STATIQUE DES MAREES	267
2 THEORIE DYNAMIQUE DES MAREES**.....	272
3 SECONDE LOI DE NEWTON DANS LE REFERENTIEL TERRESTRE	273
Chapitre 18 : Théorème du moment cinétique et application au pendule pesant	279
1 MOMENT D'UN VECTEUR PAR RAPPORT A UN POINT FIXE ET MOMENT SCALAIRE D'UN VECTEUR PAR RAPPORT A UN AXE	279
2 THEOREME DU MOMENT CINETIQUE POUR UN POINT MATERIEL.....	280
3 MOUVEMENT PLAN ET MOUVEMENT CONIQUE D'UN PENDULE SIMPLE.....	282
4 ÉTUDE GENERALE DU PENDULE SIMPLE*	287
Chapitre 19 : Mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.....	293
1 ÉNERGIE CINETIQUE ET MOMENT CINETIQUE D'UN SOLIDE EN ROTATION AUTOUR D'UN AXE FIXE.....	293
2 LE THEOREME DU MOMENT CINETIQUE POUR UN SOLIDE EN ROTATION AUTOUR D'UN AXE FIXE Oz	296
3 EXEMPLES DE MOUVEMENTS DE ROTATION AUTOUR D'UN AXE FIXE	298
Chapitre 20 : Mouvements mixtes et couplés de solides.....	305
1 NOTIONS SIMPLES SUR LES POULIES EN MECANIQUE	305
2 EXEMPLES DE MOUVEMENTS D'ENTRAINEMENT	306
3 MOUVEMENTS MIXTES.....	314
Chapitre 21 : Mouvement d'un point matériel dans un champ de force centrale.....	323
1 CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DES MOUVEMENTS A FORCE CENTRALE	323
2 RESOLUTION FORMELLE DES LOIS HORAIRES D'UN MOUVEMENT A FORCE CENTRALE	325
3 ÉTUDE DETAILLEE DE DEUX MOUVEMENTS A FORCE CENTRALE	326
4 LE THEOREME DE BERTRAND**	331

Chapitre 22 : Mouvement à force centrale coulombien et mouvement à force centrale élastique	339
1 ÉTUDE DU POTENTIEL CENTRAL COULOMBIEN	339
2 APPLICATION AU MOUVEMENT DES PLANETES ET DES SATELLITES.....	344
3 POTENTIEL DE FORCE ELASTIQUE OU OSCILLATEUR HARMONIQUE SPATIAL.....	345
4 DONNEES SUR LES PLANETES DU SYSTEME SOLAIRE	348
Chapitre 23 : Étude des états liés dans un potentiel central coulombien.....	351
1 ÉTUDE DES TRAJECTOIRES ELLIPTIQUES A PARTIR DE LA TRAJECTOIRE CIRCULAIRE.....	351
2 DETERMINATION DE L'AXE FOCAL DE L'ELLIPSE POUR DES C.I QUELCONQUES	353
3 SATELLITE GEOSTATIONNAIRE	356
4 MISE EN ORBITE D'UN SATELLITE ET ELLIPSE DE HOHMAN	357
5 CORRECTION AUX MOUVEMENTS A FORCE CENTRALE **	358
Chapitre 24 : Étude des états de diffusion dans un potentiel central coulombien.....	363
1 PARAMETRE D'IMPACT ET TRAJECTOIRE D'UN ETAT DE DIFFUSION	363
2 EFFET DE FRONDE D'UNE PLANETE	366
3 LA DIFFUSION RUTHERFORD.....	368
4 TRAJECTOIRES PARABOLIQUES OU QUASI PARABOLIQUES AUTOUR DU SOLEIL.....	373
Chapitre 25 : Étude du problème à deux corps.....	375
1 LE REFERENTIEL BARYCENTRIQUE	375
2 REDUCTION DU PROBLEME A DEUX CORPS DANS \mathcal{R}^3	376
3 PROBLEME REDUIT DE DEUX CORPS EN INTERACTION COULOMBIENNE	377
Chapitre 26 : Lois de la mécanique pour un système de points matériels **	381
1 LOIS DE LA MECANIQUE POUR UN SYSTEME DE POINTS MATERIELS EN INTERACTION	381
2 LOIS DE LA DYNAMIQUE POUR UN SOLIDE EN MOUVEMENT QUELCONQUE.....	385
Chapitre 27 : Principes de Noether sur les lois de conservation en mécanique*	391
1 CONSERVATION DE L'IMPULSION D'UN SYSTEME ISOLE.....	391
2 CONSERVATION DU MOMENT CINETIQUE D'UN SYSTEME.....	395
3 CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE D'UN SYSTEME	395
Chapitre 28 : Mouvement d'un solide autour d'un point fixe	397
1 PARAMETRAGE D'UN SOLIDE EN MOUVEMENT AUTOUR D'UN POINT FIXE.....	397
2 ÉQUATIONS D'EULER	398
3 MOUVEMENTS DE POINSOT ET EFFET ДЖАНИБЕКОВ.....	399
4 MOUVEMENT D'UNE TOUPIE DE REVOLUTION DANS LE CHAMP DE PESANTEUR.....	402
Chapitre 29 : Notions élémentaires sur lagrangien et le principe de D'Alembert **	407
1 FORMULATION VARIATIONNELLE DE LA MECANIQUE DU POINT MATERIEL	407
2 LAGRANGIEN D'UN SYSTEME CONSERVATIF	408
3 EXEMPLES D'UTILISATION DU LAGRANGIEN.....	409
4 LA BRACHISTOCHRONE ETUDIEE COMME UN PROBLEME VARIATIONNEL	409
5 PRINCIPE DE D'ALEMBERT OU PRINCIPE DES PUISSANCES VIRTUELLES.....	410

Chapitre 30 : Modèles classiques de l'astrophysique 415

1	PROPRIETES DU CHAMP DE GRAVITATION.....	415
2	ÉTUDE SIMPLIFIEE D'UNE NEBULEUSE.....	416
3	MODELES GRAVITATIONNELS SIMPLES D'ETOILES.....	419

Chapitre 31 : La physique des ponts suspendus* 423

1	FORME PRISE PAR UN CABLE SANS RAIDEUR SOUS L'EFFET DE SON PROPRE POIDS.....	423
2	MODELISATION SCHEMATIQUE D'UN PONT SUSPENDU.....	425

Chapitre 32 : Notions sur la statique des fluides..... 427

1	ÉQUATION FONDAMENTALE DE LA STATIQUE DES FLUIDES.....	427
2	INTERPRETATION PHYSIQUE DES FORCES DE PRESSION.....	428
3	CHAMP DE PRESSION DANS LA MATIERE CONDENSEE.....	429
4	CHAMP DE PRESSION POUR LES GAZ ET MODELES D'ATMOSPHERE.....	433

Chapitre 33 : Généralités sur les ondes élastiques..... 441

1	LES DIFFERENTS TYPES DE SIGNAUX EN PHYSIQUE.....	441
2	DIFFERENTES REPRESENTATIONS D'UN SIGNAL HARMONIQUE.....	442
3	ÉTUDE EXPERIMENTALE D'UN PHENOMENE PERIODIQUE PAR LA STROBOSCOPIE.....	444
4	PROPAGATION UNIDIRECTIONNELLE D'UNE ONDE ELASTIQUE.....	445
5	INTERFERENCE ENTRE ONDES MECANQUES SYNCHRONES.....	449
6	REFLEXION ET TRANSMISSION D'UNE ONDE PROGRESSIVE.....	451

Chapitre 34 : Ondes élastiques et musique 455

1	LA CORDE VIBRANTE.....	455
2	REFLEXION D'UNE ONDE.....	458
3	TRANSMISSION D'UNE VIBRATION HARMONIQUE PAR UNE CORDE VIBRANTE.....	462
4	CORDE VIBRANTE AVEC DEUX CONDITIONS AUX LIMITES ET ONDES STATIONNAIRES.....	463
5	CORDES VIBRANTES ET MUSIQUE.....	469
6	ÉTUDE DE L'ANHARMONICITE DU PIANO PAR L'EFFET DE PESANTEUR ET DE RAIDEUR.....	470

Chapitre 35 : Ondes sonores dans les fluides..... 473

1	PROPAGATION D'UNE VIBRATION DANS LE MODELE DE SOLIDE D'EINSTEIN.....	473
2	REFLEXION ET TRANSMISSION D'UNE ONDE SONORE DANS UN MILIEU SOLIDE.....	475
3	ÉTUDE DES ONDES SONORES DANS LES FLUIDES.....	478
4	LE SOFAR.....	486

Chapitre 36 : Aperçu historique de la mécanique quantique, de ses origines au formalisme de Dirac* 489

1	LES ORIGINES OU LA CATASTROPHE ULTRAVIOLETTE.....	489
2	L'EFFET PHOTOELECTRIQUE.....	491
3	LES SPECTRES DE RAIES.....	492
4	ÉPILOGUE : DE HEISENBERG A SCHRÖDINGER A LA CHROMODYNAMIQUE QUANTIQUE.....	495

Annexe 1 : La nature de la physique..... 501

1	LA NATURE DE LA PHYSIQUE.....	501
2	LA PHYSIQUE OU SCIENCE DE LA NATURE : LOIS, THEORIES ET PARADIGMES.....	503

Annexe 2 : Notions sur les vecteurs et la géométrie affine utiles en mécanique.....	505
1 LE CONCEPT DE VECTEUR EN MECANIQUE.....	505
2 BASES DE PROJECTION UTILES EN PHYSIQUE	508
Annexe 3 : Notions d'analyse utiles en mécanique.....	513
1 NOTIONS ELEMENTAIRES SUR LES FONCTIONS D'UNE VARIABLE	513
2 LES NOMBRES COMPLEXES	514
3 ÉQUATIONS DIFFERENTIELLES LINEAIRES A COEFFICIENTS CONSTANTS.....	516
4 NOTIONS ELEMENTAIRES SUR LES FONCTIONS DE PLUSIEURS VARIABLES.....	529
Annexe 4 : Notions élémentaires sur les fonctions elliptiques de Jacobi.....	533
1 LES FONCTIONS ELLIPTIQUES DE JACOBI OU LA TRIGONOMETRIE GENERALISEE	533
2 INTEGRALE ELLIPTIQUE DE PREMIERE ESPECE.....	534
Annexe 5 : Notions élémentaires sur les coniques	539
1 DEFINITION GEOMETRIQUE ET BIFOCAL DES CONIQUES.....	539
2 ÉQUATION EN POLAIRE DES CONIQUES.....	541
Annexe 6 : Notions sur les séries de Fourier	543
1 RAPPELS SUR LA NOTION DE PRODUIT SCALAIRE	543
2 ESPACE VECTORIEL DES FONCTIONS T PERIODIQUE MUNI D'UN PRODUIT SCALAIRE.....	543
3 SERIES DE FOURIER ET SPECTRES CLASSIQUES DE FONCTIONS 2π PERIODIQUES	545
Index noms propres	547
Bibliographie	549