

TABLE DES MATIÈRES DÉTAILLÉE

NOTIONS MATHÉMATIQUES.....	10
1. Éléments d'analyse vectorielle	10
1.1. Coordonnées cartésiennes	10
1.2. Expression des opérateurs différentiels en coordonnées cartésiennes	10
1.3. Coordonnées cylindriques	11
1.4. Expression des opérateurs différentiels en coordonnées cylindriques	12
1.5. Coordonnées sphériques.....	12
1.6. Expression des opérateurs différentiels en coordonnées sphériques.....	13
2. Relations impliquant les opérateurs différentiels	13
3. Relations intégrales.....	13
3.1. Définitions.....	13
3.2. Relations entre formulations intégrales.....	13
4. Notions d'analyse de Fourier.....	13
4.1. Généralités.....	13
4.2. Décompositions en série de Fourier de fonctions usuelles	15
5. Formules trigonométriques et hyperboliques	15
5.1. Définitions.....	15
5.2. Propriétés.....	16
6. Développements limités usuels au voisinage de 0.....	16
7. Primitives usuelles	17
DESCRIPTION DU MOUVEMENT ET PARAMÉTRAGE D'UN POINT	19
1. Espace et temps d'un observateur	19
2. Vecteurs vitesse et accélération. Les différents systèmes de coordonnées	19
DYNAMIQUE DU POINT EN RÉFÉRENTIEL GALILÉEN.....	20
1. Définitions et lois de Newton	20
1.1. Masse inerte et masse grave. Quantité de mouvement	20
1.2. Première loi de Newton ou principe de l'inertie	21
1.3. Deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique	21
1.4. Troisième loi de Newton ou principe des actions mutuelles.....	21
2. Lois de force	21
3. Puissance et travail d'une force. Théorème de l'énergie cinétique	22
3.1. Puissance d'une force.....	22
3.2. Travail d'une force	23
3.3. Théorème de la puissance et de l'énergie cinétique.....	23
3.3.1. Énergie cinétique.....	23
3.3.2. Théorème de la puissance cinétique.....	23
3.3.3. Théorème de l'énergie cinétique	23
PROBLÈMES A UN DEGRÉ DE LIBERTÉ.....	24
1. Énergie potentielle	24
1.1. Force conservative	24
1.2. Énergie potentielle	24
2. Exemples usuels d'énergies potentielles	24
3. Energie mécanique. Intégrale première de l'énergie	25
3.1. Système conservatif	25
3.2. Intégrale première de l'énergie	25

4. Équilibres et stabilité	25
4.1. Recherche des positions d'équilibre	25
4.2. Stabilité des positions d'équilibre	25
4.3. Petites oscillations autour d'une position d'équilibre stable	26
5. Approche du portrait de phase	26
5.1. Systèmes conservatifs	26
5.1.1. Trajectoires de phase fermées	26
5.1.2. Conséquences de la conservation de l'énergie	27
5.2. Systèmes dissipatifs	28
OSCILLATEUR HARMONIQUE À UN DEGRÉ DE LIBERTÉ.....	28
1. Oscillateur harmonique.....	28
1.1. Equation différentielle et solution générale	28
1.2. Conservation de l'énergie et équipartition de l'énergie	29
2. Oscillations libres d'un système linéaire soumis à un terme dissipatif de type visqueux	29
3. Oscillations forcées d'un système linéaire soumis à un terme dissipatif de type visqueux	30
3.1. Equation différentielle et réponse du système	30
3.2. Résonances du système	31
3.2.1. Résonance d'amplitude	31
3.2.2. Réponse en vitesse. Résonance de vitesse	31
3.2.3. Résonance de puissance	32
4. Oscillations entretenues des systèmes du second ordre : cycle limite.....	32
4.1. Régime transitoire	32
4.2. Oscillateurs harmoniques en régime sinusoïdal forcé.....	33
4.3. Oscillateurs paramétriques	33
4.4. Oscillateurs auto-entretenus	33
THÉORÈME DU MOMENT CINÉTIQUE.....	34
1. Définitions et théorème du moment cinétique.....	34
1.1. Définitions.....	34
1.2. Théorème du moment cinétique.....	34
2. Théorème du moment cinétique par rapport à un axe	35
MOUVEMENTS DANS UN CHAMP DE FORCES CENTRALES CONSERVATIVES.....	35
1. Aspect cinématique des mouvements à force centrale	36
2. Mouvements d'un point matériel dans un champ newtonien	36
2.1. Lois de conservation	36
2.2. Energie potentielle effective. Discussion qualitative du mouvement	37
3. Trajectoires dans un champ de force newtonien	37
3.1. Équation des trajectoires	37
3.2. Les différentes trajectoires possibles	38
4. Mouvement des planètes, lois de Képler	39
4.1. Lois de Képler	39
4.2. Vitesse de libération ou vitesses cosmiques.....	40
4.3. Applications : satellite géostationnaire	40
CHANGEMENTS DE RÉFÉRENTIELS.....	40
1. Cinématique.....	40
2. Dynamique et théorèmes	41
2.1. Forces d'inertie.....	41

2.2. Énergie potentielle centrifuge	41
2.3. Théorème de l'énergie cinétique	41
3. Caractère galiléen approché de quelques référentiels usuels	42
3.1. Le référentiel de Copernic	42
3.2. Le référentiel héliocentrique	42
3.3. Référentiel géocentrique	42
3.4. Référentiel terrestre local	42
3.4. Approximation du référentiel galiléen	43
SYSTÈME FORMÉ DE DEUX POINTS MATÉRIELS	43
1. Définitions	43
1.1. Éléments cinétiques	43
1.2. Centre d'inertie et référentiel barycentrique	43
2. Les théorèmes généraux	44
2.1. Théorème du centre d'inertie (ou de la résultante cinétique)	44
2.2. Théorème du moment cinétique	44
2.3. Théorème de la puissance cinétique et de l'énergie cinétique	45
3. Réduction du problème à deux corps	45
3.1. Réduction à un problème à un corps	45
3.2. Lois de conservation	46
LOIS GÉNÉRALES DANS LE CADRE DE L'APPROXIMATION DES RÉGIMES QUASI-STATIONNAIRES	47
1. Lois générales dans le cadre de l'approximation quasi-stationnaire	47
1.1. Approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS)	47
1.2. Intensité du courant électrique	47
1.3. Loi des nœuds	47
1.4. Loi des mailles	47
2. Le dipôle électrocinétique	48
2.1. Conventions d'orientation	48
2.2. Puissance reçue par un dipôle	48
2.3. Dipôles passifs linéaires	48
2.4. Dipôles actifs linéaires, les générateurs	48
2.5. Association de dipôles	49
3. Outils usuels permettant la simplification de l'étude des circuits	50
CIRCUITS LINÉAIRES EN RÉGIME TRANSITOIRE	51
1. Régime transitoire d'un circuit RC	51
1.1. Réponse libre d'un circuit RC	51
1.2. Réponse d'un circuit RC à un échelon de tension. Réponse indicielle	52
2. Régime transitoire d'un circuit RL (réponse à un échelon de tension)	53
3. Régime transitoire d'un circuit RLC série	53
Réponse libre d'un circuit RLC série	54
CIRCUITS LINÉAIRES EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCÉ	56
1. Signaux sinusoïdaux	56
1.1. Fonctions sinusoïdales	56
1.2. Utilisation de la notation complexe	56
2. Circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé	57
2.1. Réponse en intensité – Résonance d'intensité	57
2.2. Réponse en charge – Résonance de tension aux bornes du condensateur	58
3. Impédances et admittances complexes	58
3.1. Dipôles passifs linéaires R, L et C	58

3.2. Dipôles actifs linéaires en régime sinusoïdal forcé : générateurs	59
4. Réseaux linéaires en régime sinusoïdal forcé	60
4.1. Loi des nœuds	60
4.2. Loi des mailles	60
4.3. Association de dipôles linéaires	60
5. Puissance en régime sinusoïdal forcé	61
5.1. Puissance instantanée, puissance moyenne. Facteur de puissance.....	61
5.2. Adaptation d'impédance – Notion de charge adaptée.....	61
6. Filtres du premier ordre	61
6.1. Définitions.....	61
6.2. Filtre linéaire	62
6.3. Filtres du premier ordre.....	63
CIRCUITS AVEC AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL	67
1. Modèle de l'amplificateur opérationnel idéal en régime linéaire.....	67
2. Montages classiques en régime linéaire	68
OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE	69
1. Bases de l'optique géométrique.....	69
2. Objets, images réels et virtuels	69
3. Stigmatisme	70
4. Miroirs sphériques dans l'approximation de Gauss	71
5. Lentilles minces dans l'approximation de Gauss	72
THERMODYNAMIQUE DES FLUIDES	74
1. Théorie cinétique des gaz	74
2. Éléments de statique des fluides	75
2.1. Champ de pression et force pressante.....	75
2.2. Théorème d'Archimède	76
2.3. Équation fondamentale de la statique des fluides dans le champ de pesanteur uniforme	76
2.4. Loi fondamentale de la statique des fluides dans le cas général	77
3. Variables et équations d'état.....	78
PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE.....	78
1. Postulat d'existence de la fonction d'état énergie interne. Premier principe	78
1.1. Énoncé du premier principe	78
1.2. Formes d'énergies comprises dans l'énergie interne	79
2. Formulation mathématique du premier principe. Travail et transfert thermique.	79
2.1. Les deux formes d'échange d'énergie avec le milieu extérieur.....	79
2.2. Travail des forces de pression	80
2.3. Formulation mathématique du premier principe.....	80
3. Fonction enthalpie. Bilan énergétique d'un système en écoulement.....	81
3.1. Fonction enthalpie H	81
3.2. Bilan énergétique d'un système en écoulement	81
4. Coefficients calorimétriques.....	82
SECOND PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE	83
1. Énoncé du second principe et hypothèse fondamentale	83
2. Identité thermodynamique et couples de variables.....	83
3. Bilans entropiques	84
3.1. Terme d'échange et terme de production d'entropie	84
3.2. Relation de Carathéodory.....	85

4. Entropie des systèmes thermodynamiques usuels	85
4.1. Cas du gaz parfait	85
4.2. Cas de la matière condensée	86
4.3. Cas d'un thermostat	86
CHANGEMENT D'ÉTAT D'UN CORPS PUR	87
1. Définitions. Les différents diagrammes	87
1.1. Définitions	87
1.2. Les différents diagrammes	87
1.2.1. Surface caractéristique dans l'espace (P,V,T)	87
1.2.2. Diagramme (P,T)	88
1.2.3. Diagramme de Clapeyron et isothermes d'Andrews	89
2. Transferts énergétiques	89
2.1. Enthalpie et entropie de changement d'état	89
2.2. Enthalpie et entropie massique d'un système diphasé	90
2.3. Relation de Clapeyron	90
2.4. Etats métastables	90
MACHINES THERMIQUES.....	91
1. Bilan énergétique. Les différents diagrammes	91
1.1. Rappels du premier principe	91
1.2. Diagramme de Watt. Travail de transvasement	91
2. Les moteurs thermiques	92
2.1. Inégalité de Clausius-Carnot. Énoncés de Kelvin et de Carnot	92
2.2. Cycles dithermes	93
2.2.1. Rendement d'un moteur	93
2.2.2. Théorème de Carnot	93
2.2.3. Cycle de Carnot	93
2.2.4. Réfrigérateurs et pompes à chaleur	93
ÉLECTROSTATIQUE	94
1. Interaction de deux charges ponctuelles, champ électrostatique	94
1.1. Loi de Coulomb	94
1.2. Champ électrostatique et expressions	94
2. Éléments de symétrie et conséquences	95
3. Théorème de Gauss	95
3.1. Flux du champ électrostatique	95
3.2. Théorème de Gauss	95
3.3. Analogie avec le champ de gravitation	95
4. Potentiel électrostatique	96
4.1. Définition	96
4.2. Circulation du vecteur champ électrique	96
4.3. Expressions du potentiel électrostatique	96
6. Dipôle électrostatique	96
6.1. Modèle du doublet	96
6.2. Potentiel et champ à grande distance du doublet	97
6.3. Action d'un champ électrostatique uniforme sur un dipôle	98
MOUVEMENT DES PARTICULES CHARGÉES DANS E ET B.....	99
1. Force de Lorentz	99
2. Mouvement d'une particule chargée dans E uniforme	99
3. Mouvement d'une particule chargée dans B uniforme	99
3.1. Cas où la vitesse initiale est perpendiculaire à B	99

3.2. Cas où la vitesse initiale n'est pas perpendiculaire à B	100
MAGNÉTOSTATIQUE	100
1. Relation de Biot et Savart	100
2. Propriétés des lignes de champ magnétique	100
3. Propriétés de symétrie ou d'antisymétrie	101
4. Théorème d'Ampère	101
5. Le champ magnétique est un champ à flux conservatif	102
6. Tableau comparatif des propriétés des champs E et B	103
ATOMES ET MOLÉCULES	104
1. Quantification de l'énergie dans l'atome d'hydrogène	104
2. Structure électronique de l'atome	104
3. Les orbitales	104
4. Règles de remplissage des orbitales	104
5. La classification périodique	105
CINÉTIQUE CHIMIQUE	108
1. Système fermé en réaction chimique	108
1.1. Coefficients stœchiométriques algébriques	108
1.2. Avancement d'une réaction	108
2. Vitesses en cinétique chimique	108
2.1. Vitesses de formation et de disparition	108
2.2. Vitesse de réaction	108
3. Facteurs influençant la vitesse d'une réaction	108
3.1. Influence des concentrations	108
3.2. Influence de la température	108
4. Résultats de cinétique formelle	108
5. Mécanismes réactionnels	109
5.1. Processus élémentaire	109
5.2. Intermédiaires réactionnels	109
5.3. Approximation de l'état quasi stationnaire (A.E.Q.S.) ou approximation de Bodenstein	109
5.4. Différents types de mécanismes	109
RÉACTIONS EN SOLUTION AQUEUSE	109
1. Équilibres acido-basiques	109
2. Complexes de coordination	110
3. Précipités	111
RÉACTIONS D'OXYDORÉDUCTION	111
1. Réactions d'oxydoréduction	111
2. Piles électrochimiques	112
3. Formule de Nernst	112
4. Classification rédox – Règle du gamma	113
5. Dosages potentiométriques	113
STRUCTURE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE	118
1. Définitions	118
2. Empilements compacts	118
3. Empilement CC	119
4. Cristaux ioniques	120
5. Cristaux moléculaires	121

6. Cristaux covalents.....	121
THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE.....	122
1. Le qualificatif « standard ».....	122
1.1. Etat standard : définition	122
1.2. Grandeur standard	122
2. Grandeur standard de réaction.....	122
3. Transformation isobare.....	122
3.1. Transformations endothermique et exothermique	122
3.2. Réacteur isobare et adiabatique.....	122
4. Grandeurs thermodynamiques standard tabulées	123
4.1. Loi de Hess.....	123
4.2. État standard de référence du corps pur	123
4.3. Enthalpie standard de formation	123
4.4. Relation de Kirchhoff.....	123
CONSTANTES PHYSIQUES.....	124
INDEX	125