

COURS DE
PHYSIQUE
DEUG ^{1^e} année

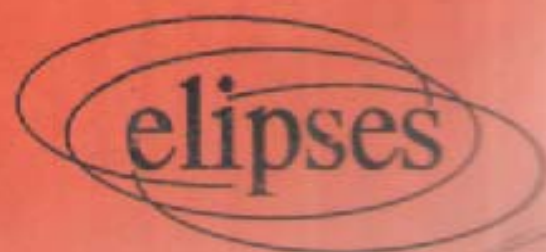


TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 0 - EQUATIONS AUX DIMENSIONS. SIMILITUDE	13
0.1 - LOIS PHYSIQUES ET UNITES	13
0.2 - GRANDEURS SANS DIMENSION. GRANDEURS DIMENSIONNEES	14
0.3 - UNITES DE BASE. UNITES DERIVEES	15
0.4 - EQUATIONS AUX DIMENSIONS	16
0.5 - PRINCIPE DE L'ANALYSE DIMENSIONNELLE COMME MOYEN DE DEVINER DES RELATIONS PHYSIQUES	22
0.6 - SIMILITUDE (L'IDEE)	23
0.7 - REMARQUE IMPORTANTE	23

1ère partie

ELECTROMAGNETISME

CHAPITRE 1 - ELECTROSTATIQUE	27
1.1 - INTRODUCTION	27
1.2 - LA CHARGE ELECTRIQUE	28
a) Electrification par frottement	28
b) Charge électrique ; conservation de la charge	30
c) Structure atomique de la matière et charges électriques	33
1.3 - LA LOI DE COULOMB	36
1.4 - LE CHAMP ELECTRIQUE	40
a) Définition. Champs créés par des charges ponctuelles	40
b) Champs créés par des charges réparties sur des lignes ou des surfaces, ou dans des volumes	42
c) Lignes de champ	49
1.5 - LE POTENTIEL ELECTRIQUE	51
a) Travail d'une force ; circulation d'un champ de vecteurs	51
b) Circulation d'un champ coulombien le long d'une courbe orientée	53
c) Circulation d'un champ électrostatique quelconque. Le potentiel électrostatique	56
d) Travail de la force électrostatique. Unités de potentiel et de champ. Ordres de grandeur usuels. Champ disruptif. Energie potentielle d'une charge ponctuelle dans un champ	59
e) Relations entre champ et potentiel : surfaces équipotentiels	61
f) Relations entre champ et potentiel : le gradient	64
g) Dipôle	69
h) Coordonnées polaires dans le plan. Base locale et expression du gradient	74
i) Coordonnées sphériques. Base locale et expression du gradient	76
j) Le champ d'un dipôle	78
1.6 - LE THEOREME DE GAUSS	78
a) Notion de flux	78
b) Flux du champ créé par une charge ponctuelle placée en O, sortant d'une sphère de centre O	81

c) L'angle solide	81
d) Flux d'un champ coulombien à travers une surface quelconque	82
e) Flux d'un champ électrostatique quelconque, sortant d'une surface quelconque : théorème de Gauss	85
f) Application du théorème de Gauss : exemples	88
1.7- LA FORME LOCALE DU THEOREME DE GAUSS. LA DIVERGENCE. TRAVERSEE D'UNE SURFACE	91
1.8- PROPRIETES DU POTENTIEL. DECOULANT DU THEOREME DE GAUSS. LE LAPLACIEN	98
COMPLEMENTS AU CHAPITRE 1	98
CHAPITRE 2 - ELECTROSTATIQUE (suite). ENERGIE. CONDUCTEURS EN EQUILIBRE.....	101
2.1- ENERGIE POTENTIELLE D'UN SYSTEME DE CHARGES.....	101
a) Système de n charges ponctuelles	101
b) Distribution de charges avec une densité volumique ρ	103
2.2- ETUDE SOMMAIRE DES PROPRIETES DES CONDUCTEURS EN EQUILIBRE ELECTROSTATIQUE	104
2.3- ENERGIE POTENTIELLE D'UN SYSTEME DE CONDUCTEURS EN EQUILIBRE	107
2.4- CONDENSATEUR PLAN	108
2.5- ENERGIE POTENTIELLE D'UN CONDENSATEUR PLAN CHARGE.....	110
CHAPITRE 3 - ELECTRODYNAMIQUE. COURANT CONTINU	112
3.1- LE COURANT ELECTRIQUE : GENERALITES. CONSERVATION DE LA CHARGE.....	112
a) Le vecteur densité de courant	112
b) Propriétés du champ de vecteurs densité de courant : conservation de la charge (forme locale)	114
c) Intensité du courant dans un circuit.....	116
d) Circuits ramifiés	118
3.2- PUISSANCE DANS UN CIRCUIT ELECTRIQUE EN COURANT CONTINU	119
a) Le champ électrique	119
b) Puissance électrique dans une portion de circuit	120
c) Forme locale de la puissance fournie par le champ électrique à une portion de milieu conducteur	122
3.3- LA LOI D'OHM	123
a) Forme locale	123
b) La loi d'Ohm pour un conducteur cylindrique	127
c) Compléments : résistivité des milieux, etc.	128
d) Conséquences élémentaires de la loi d'Ohm	130
e) Effet Joule.....	131
3.4- GENERATEURS	132
a) Exemple : la pile. Les différents types de générateurs	132
b) Générateur en circuit ouvert	133
c) Générateur en circuit fermé	133
3.5- RECEPTEURS	135
3.6- APPAREILS POLARISES ET RECEPTEURS NON POLARISES	137

CHAPITRE 4 - MAGNETOSTATIQUE	139
4.1 - NOTION DE CHAMP MAGNETIQUE. VECTEUR INDUCTION MAGNETIQUE	139
a) Introduction. Quelques faits d'observation. Quelques notions historiques.....	139
b) Le vecteur induction magnétique et la loi de Laplace	141
c) Une conséquence simple de la loi de Laplace (9) : charge ponctuelle dans un champ <i>uniforme</i>	148
d) Une propriété simple du mouvement d'un électron dans un champ magnétique <i>quelconque</i>	150
4.2 - PROPRIETES DU FLUX D'INDUCTION	150
a) Travail fourni par la force magnétique qui s'exerce sur un circuit qui se déplace : flux coupé	150
b) Unité de flux	152
c) La loi du flux conservatif	153
d) Autre expression du travail fourni à un circuit qui se déplace dans un champ magnétique	155
e) Conséquences : forces sur un circuit dans un champ magnétique ; règle du flux maximum	156
4.3 - L'INDUCTION MAGNETIQUE CREEE PAR UN ELEMENT DE COURANT OU PAR UNE CHARGE PONCTUELLE EN MOUVEMENT	159
a) Expériences	159
b) Loi de Biot et Savart	160
c) Applications simples de la loi de Biot et Savart	161
4.4 - LE THEOREME D'AMPERE.....	169
a) Le cas du champ magnétique d'un fil rectiligne indéfini.....	169
b) Cas général	171
c) Applications du théorème d'Ampère	172
d) Forme locale du théorème d'Ampère	173
4.5 - NOTION DE MOMENT MAGNETIQUE	178
a) Circuit dans un champ uniforme : généralités	178
b) Exemple : spire circulaire dans un champ magnétique uniforme	178
c) Conclusion. Le moment magnétique d'un circuit plan parcouru par un courant	181
4.6 - COMPLEMENTS	182
a) Propriétés de symétrie du champ magnétique	182
b) Le moment magnétique d'un circuit quelconque (pas nécessairement plan)	184
c) La loi du flux conservatif et l'absence de monopôles magnétiques. Les aimants	186
CHAPITRE 5 - PHENOMENES D'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE	188
5.1 - INTRODUCTION	188
5.2 - LA LOI DE FARADAY	189
a) Expérience : champ constant, circuit mobile	189
b) Retour sur la f.é.m. d'un générateur	189
c) Loi de Faraday pour un circuit mobile	190
d) Généralisation : loi de Faraday	191
5.3 - LE SENS DE LA f.é.m. D'INDUCTION : LOI DE LENTZ	192
5.4 - APPLICATIONS DES PHENOMENES D'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE	193
a) Principe des alternateurs.....	193
b) Mesure des inductions magnétiques	194
c) Courants de Foucault	195

5.5 - SELF-INDUCTION ET INDUCTION MUTUELLE	195
a) Self-induction	195
b) Inductance mutuelle	197
5.6 - ENERGIE MAGNETIQUE	198
a) Energie emmagasinée dans une bobine	198
b) Localisation de l'énergie	199
CHAPITRE 6 - PHENOMENES TRANSITOIRES DANS LES CIRCUITS	201
6.1 - CIRCUITS (R,C)	201
a) Décharge d'un condensateur	201
b) Charge d'un condensateur	203
6.2 - CIRCUITS (L,R)	206
a) Rupture du courant	206
b) Etablissement du courant	207
6.3 - CIRCUITS (L,R,C)	208
a) Décharge du condensateur : généralités	208
b) Décharge pseudopériodique : généralités	210
c) Décharge pseudopériodique : le cas $R \ll R_{crit}$	212
d) Décharge aperiodique	216
e) Régime critique	217
f) Charge du condensateur	219
CHAPITRE 7 - COURANT ALTERNATIF	220
7.1 - INTRODUCTION	220
7.2 - RELATIONS ENTRE d_{dp} ET INTENSITE POUR LES DIFFERENTS ELEMENTS D'UN CIRCUIT : R,L,C	221
a) Résistance	221
b) Capacité	221
c) Self	221
7.3 - CIRCUIT (R,L,C) : L'EQUATION. GENERALITES SUR LES SOLUTIONS	222
7.4 - RECHERCHE DE LA SOLUTION SINUSOIDALE DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE (6)	224
a) La fonction Y et l'équation différentielle qu'elle satisfait	224
b) La fonction complexe Z et l'équation différentielle qu'elle satisfait	225
c) Résolution de l'équation différentielle (10)	225
d) L'amplitude complexe	226
e) Résolution de l'équation différentielle (1)	227
7.5 - L'AMPLITUDE ET LA PHASE DE LA CHARGE EN FONCTION DE LA FREQUENCE	227
a) Etude de l'amplitude q_0 en fonction de la fréquence de la f.é.m. appliquée	227
b) Etude du déphasage ($\psi = \beta - \alpha$) en fonction de la fréquence de la f.é.m. appliquée	232
c) Remarque sur la signification physique des résultats obtenus	234
7.6 - NOTION D'IMPEDANCE COMPLEXE, LOIS DES CIRCUITS EN COURANT ALTERNATIF	235
7.7 - CIRCUIT RESONANT SERIE	237
7.8 - EFFET JOULE ET PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF	243
a) Effet Joule	243
b) Puissance fournie à une portion de circuit	244

2^{ème} partie
MECANIQUE

CHAPITRE 8 - CINEMATIQUE NON RELATIVISTE	249
8.1 - REFERENTIELS	249
a) Généralités	249
b) Notion physique de référentiel	250
c) Caractérisation mathématique d'un référentiel	251
8.2 - CHANGEMENTS DE REFERENTIEL	254
8.3 - COMPLEMENTS DE CINEMATIQUE : VITESSE ET ACCELERATION	256
a) Abscisse curviligne. Vitesse	256
b) Composantes tangentielle et normale de l'accélération	258
 CHAPITRE 9 - DYNAMIQUE DU POINT MATERIEL : LOIS FONDAMENTALES	 261
9.1 - INTRODUCTION	261
9.2 - LE PRINCIPE D'INERTIE	261
a) La propriété d'inertie	261
b) Référentiels galiléens	262
9.3 - PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE. LOI DE CONSERVATION DE L'IMPULSION	264
a) Premier énoncé du principe fondamental de la dynamique	264
b) La loi de l'action et de la réaction	264
c) Notion d'impulsion. Conservation de l'impulsion	266
d) La propulsion par réaction	269
e) Le principe fondamental de la dynamique : énoncé définitif (dans le cadre de ce cours)	272
9.4 - QUELS SONT LES REFERENTIELS GALILEENS ?	272
9.4 bis - CONSERVATION DE LA MASSE	273
9.5 - COMPLEMENT SUR LE PRINCIPE D'INERTIE ET LE PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE : CENTRE DE MASSE	275
a) Système isolé de 2 points matériels (référentiel galiléen) : mouvement du centre de masse, mouvement relatif	275
b) Mouvement du centre de masse : système isolé de n points matériels	278
9.6 - MOMENT CINETIQUE ; LOI DE CONSERVATION DU MOMENT CRITIQUE	280
a) Moment d'une force par rapport à un point	280
b) Théorème du moment cinétique	281
c) Conservation du moment cinétique	284
d) Le moment cinétique d'un système de points matériels, dans le référentiel du centre de masse. Cas où le mouvement est plan	285
e) Mouvement d'un point matériel dans un champ de forces centrales : la vitesse aréolaire	288
9.7 - ENERGIE : THEOREME DES FORCES VIVES ; ENERGIE POTENTIELLE ; CONSERVATION DE L'ENERGIE	290
a) Point matériel dans un champ de forces	290
b) Système de points matériels	296

CHAPITRE 10 - NOTIONS SOMMAIRES SUR LES COLLISIONS	300
10.1 - INTRODUCTION	300
10.2 - LOIS GENERALES DES COLLISIONS	301
a) Conservation de l'impulsion	301
b) Conservation de l'énergie cinétique	303
10.3 - EXEMPLES DE COLLISIONS ELASTIQUES	304
a) Collision élastique frontale	304
b) Collision élastique de deux points matériels de même masse	305
10.4 - PROPRIÉTÉS GENERALES DES COLLISIONS ELASTIQUES	308
a) Collision élastique de deux points matériels dans le référentiel du centre de masse : généralités	306
b) Collision élastique avec un objet très lourd	308
10.5 - UN EXEMPLE : LE RALENTISSEMENT DES NEUTRONS	310
10.6 - CHOC MOU	313
 CHAPITRE 11 - GRAVITATION ; MOUVEMENT DES PLANETES	 314
11.1 - CHAMP DE GRAVITATION	314
a) Loi de Newton	314
b) Potentiel gravitationnel. Théorème de Gauss. Energie potentielle	315
c) Systèmes de points matériels	317
11.2 - EXPERIENCES FONDAMENTALES SUR LE CHAMP DE GRAVITATION	318
a) Mesure de la constante G : expérience de Cavendish	318
b) Masse inerte et masse gravitationnelle	320
11.3 - MOUVEMENT DES PLANETES	322
11.4 - RELATION ENTRE L'ENERGIE ET LA FORME DE LA TRAJECTOIRE	330
a) Relation entre l'énergie et l'excentricité de la trajectoire	330
b) Forme de la trajectoire en fonction de la vitesse de lancement	330