

Table des matières

Avant-propos	I
1 Mécanismes	1
1.1 Modélisation cinématique des mécanismes	1
1.1.1 Problématique	1
1.1.2 Modèle cinématique	1
1.2 Liaisons normalisées	2
1.2.1 Paramétrage des liaisons	2
1.2.2 Tableau des liaisons	2
1.3 Chaînes de solides	2
1.3.1 Structure des mécanismes - Graphe de structure	2
1.3.2 Analyses géométrique et cinématique des mécanismes	3
1.3.3 Liaisons cinématiquement équivalentes	6
1.4 Représentation schématique des mécanismes	12
1.4.1 Schéma cinématique	12
1.4.2 Schéma cinématique minimal	12
1.4.3 Schéma technologique	13
1.5 Mobilité et hyperstatisme	13
1.5.1 Degré de mobilité d'un mécanisme	13
1.5.2 Degré d'hyperstaticité d'un mécanisme	13
1.5.3 Détermination du degré de mobilité	14
1.5.4 Détermination du degré d'hyperstaticité	17
1.5.5 Isostaticité	22
1.5.6 Relations entre mobilité et hyperstatisme	24
1.5.7 Mécanismes plans	25
1.6 Feuille de travaux dirigés n°1	28
1.7 Corrigés n°1	39
2 Cinétique	49
2.1 Masse et inertie	49
2.1.1 Notions d'inertie	49
2.1.2 Masse - Rappels	49
2.1.3 Centre d'inertie	50
2.2 Moments d'inertie	52
2.2.1 Moment d'inertie par rapport à un point	52
2.2.2 Moment d'inertie par rapport à une droite	52
2.2.3 Rayon de giration	53
2.2.4 Moments d'inertie dans un repère cartésien	53
2.2.5 Relations entre les moments d'inertie	54
2.2.6 Théorème de Huygens	54
2.2.7 Produits d'inertie	55
2.3 Opérateur d'inertie	55
2.3.1 Opérateur d'inertie en un point	55
2.3.2 Propriétés et directions principales de la matrice d'inertie	60
2.3.3 Matrices d'inertie des solides élémentaires	63
2.4 Feuille de travaux dirigés n°2a	64
2.5 Corrigés n°2a	72

2.6	Torseur cinétique	76
2.6.1	Définition	76
2.6.2	Cas du solide indéformable	77
2.7	Torseur dynamique	78
2.7.1	Définition	78
2.7.2	Changement de point de réduction	78
2.7.3	Relation entre la résultante cinétique et la résultante dynamique	79
2.7.4	Relation entre le moment cinétique et le moment dynamique	79
2.7.5	Cas du solide indéformable	80
2.8	Énergie cinétique	80
2.8.1	Définition	80
2.8.2	Cas du solide indéformable	81
2.9	Caractéristiques cinétiques d'un ensemble de solides	83
2.9.1	Torseur cinétique d'un ensemble de solides	83
2.9.2	Torseur dynamique d'un ensemble de solides	83
2.9.3	Énergie cinétique d'un ensemble de solides	83
2.10	Feuille de travaux dirigés n°2b	85
2.11	Corrigés n°2b	92
3	Dynamique du solide	95
3.1	Principe fondamental de la dynamique	95
3.1.1	Énoncé	95
3.1.2	Caractère galiléen des repères	95
3.2	Théorèmes généraux	96
3.2.1	Théorème de la résultante dynamique	96
3.2.2	Théorème des quantités de mouvement	96
3.2.3	Théorème du moment dynamique	97
3.2.4	Théorème du moment cinétique	97
3.3	Utilisation du P.F.D.	97
3.4	P.F.D dans un repère non galiléen	98
3.4.1	Composition des accélérations	98
3.4.2	Composition du torseur dynamique	99
3.4.3	Principe fondamental dans un repère non galiléen	100
3.5	Application – Équilibrage d'un solide	100
3.5.1	Problème général de l'équilibrage	100
3.5.2	Équilibrage	103
3.5.3	Équilibrage à 2 masses	103
3.6	Feuille de travaux dirigés n°3	107
3.7	Corrigés n°3	122
4	Puissance et énergie	131
4.1	Puissance des efforts extérieurs	131
4.2	Cas du solide indéformable	132
4.2.1	Énoncé	132
4.3	Puissance des efforts intérieurs	133
4.3.1	Puissance des efforts de liaison	133
4.3.2	Liaison énergétiquement parfaite	134
4.3.3	Contact ponctuel réel	134
4.3.4	Liaisons normalisées réelles	137
4.4	Travail et énergie	137
4.4.1	Travail	138
4.4.2	Énergie potentielle	138
4.5	Théorème de l'énergie cinétique	138
4.5.1	Énoncé	138

4.5.2	Démonstration dans le cas d'un seul solide	138
4.5.3	Démonstration dans le cas de deux solides	140
4.5.4	Généralisation à n solides	141
4.5.5	Utilisation	141
4.5.6	Intégrale première de l'énergie cinétique	141
4.6	Feuille de travaux dirigés n°4	142
4.7	Corrigés n°4	162
5	Analyse des systèmes asservis	179
5.1	Caractérisation des systèmes asservis	179
5.1.1	Structure des systèmes asservis	179
5.1.2	Caractéristiques attendues d'un système asservi	179
5.2	Stabilité	180
5.2.1	Position du problème et définitions	180
5.2.2	Étude de la stabilité	181
5.2.3	Condition de stabilité	183
5.2.4	Position des pôles	184
5.2.5	Critères de stabilité	184
5.2.6	Marges de stabilité	187
5.3	Feuille de travaux dirigés n°5a	192
5.4	Corrigés n°5a	200
5.5	Précision	206
5.5.1	Position du problème	206
5.5.2	Données	206
5.5.3	Erreur en régime permanent - Erreur statique	207
5.5.4	Effet d'une perturbation sur la précision	210
5.6	Rapidité	212
5.6.1	Temps de réponse - Temps de montée	212
5.6.2	Temps de montée et bande passante	213
5.7	Feuille de travaux dirigés n°5b	215
5.8	Corrigés n°5b	222
6	Correction des systèmes asservis	231
6.1	Nécessité de la correction	231
6.2	Principaux réseaux correcteurs	232
6.2.1	Correcteur proportionnel (P)	232
6.2.2	Correcteur intégral (I)	233
6.2.3	Correcteur proportionnel intégral (P.I.)	234
6.2.4	Correcteur proportionnel dérivateur (P.D.)	238
6.2.5	Correcteur à avance de phase	240
6.2.6	Correcteur à retard de phase	242
6.2.7	Correcteur à retard-avance de phase	242
6.2.8	Correcteur P.I.D.	244
6.2.9	Correction en réaction	248
6.3	Détermination expérimentale des correcteurs	250
6.3.1	Méthode de Ziegler-Nichols	250
6.4	Feuille de travaux dirigés n°6	253
6.5	Corrigés n°6	272
A	Annexes	289
A.1	Mécanique	289
A.1.1	Liaisons	289
A.1.2	Matrices d'inertie de quelques solides élémentaires	292

A.2	Automatique	294
A.2.1	Transformées de Laplace	294
A.2.2	Abaque des dépassements d'un second ordre	295
A.2.3	Abaque du temps de réponse d'un second ordre	295