

Serge Laroze

T H E R M I Q U E
D E S S T R U C T U R E S

D Y N A M I Q U E
D E S S T R U C T U R E S

EXERCICES

**Mécanique
des
structures**

Tome 6

Cepaduès
- éditions -

TABLE des MATIERES

CHAPITRE I : Thermique

Exercice 1.1 à Exercice 1.14

EX 1	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UN HUBLOT	11
EX 2	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UN MUR BI-COUCHÉ	13
EX 3	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UNE SPHÈRE CREUSE	15
EX 4	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UN TUBE CYLINDRIQUE	17
EX 5	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UN CONDUCTEUR ÉLECTRIQUE	19
EX 6	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UNE SPHÈRE PLEINE	21
EX 7	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UN DISQUE	23
EX 8	: ETUDE D'UN PLANCHER CHAUFFANT	26
EX 9	: RÉSISTANCE THERMIQUE D'UN ÉCHANGEUR	29
EX 10	: TEMPÉRATURE D'ÉQUILIBRE D'UN CYLINDRE	31
EX 11	: TEMPÉRATURE D'ÉQUILIBRE D'UNE PLAQUE	33
EX 12	: ETUDE D'UNE AILETTE DE REFRIGÉRISEUR	35
EX 13	: RÉGIME VARIABLE	37
EX 14	: CHAMP DE TEMPÉRATURE DANS UN MILIEU INFINI	41

CHAPITRE II : Thermoélasticité

Exercice 2.1 à Exercice 2.14

EX 1	: ASSEMBLAGE DE SOLIDES EN SÉRIE	45
EX 2	: ASSEMBLAGE DE SOLIDES EN PARALLÈLE	49
EX 3	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS DES RAILS	51
EX 4	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UN HUBLOT APPUYÉ	53
EX 5	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UN HUBLOT ENCASTRÉ	55
EX 6	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UN DISQUE	58
EX 7	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UNE PLAQUE LIBRE	61
EX 8	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UNE PLAQUE ENCASTRÉE	63
EX 9	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UN MILIEU INFINI	66
EX 10	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UNE SPHÈRE PLEINE	68
EX 11	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UN TUBE CYLINDRIQUE	70
EX 12	: CONTRAINTES ET DÉFORMATIONS DANS UN CONDUCTEUR ÉLECTRIQUE	73
EX 13	: FRETTEMENT DE TUBES CYLINDRIQUES EN CONTRAINTE PLANE	75
EX 14	: FRETTEMENT DE TUBES CYLINDRIQUES EN DÉFORMATION PLANE	78

CHAPITRE III : Thermique des poutres

Exercice 3.1 à Exercice 3.17

EX 1	: ASSEMBLAGE DE POUTRES EN PARALLÈLE	83
EX 2	: ETUDE D'UN BILAME	85
EX 3	: ETUDE D'UN TREILLIS PLAN	87
EX 4	: POUTRE ISOSTATIQUE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	90
EX 5	: POUTRE BI-ENCASTRÉE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	92
EX 6	: POUTRE CONTINUE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	95
EX 7	: TRAVAIL DES FORCES ET ÉNERGIE SOUS CHARGEMENT THERMOMÉCANIQUE.....	97
EX 8	: EXTENSION DU THÉORÈME DE MAXWELL BETTI AUX CHARGEMENTS THERMOMÉCANIQUES.....	99
EX 9	: EXTENSION DU THEOREME DE CASTIGLIANO AUX CHARGEMENTS THERMOMECANIQUES.....	101
EX 10	: ETUDE D'UN TREILLIS PLAN	103
EX 11	: ETUDE D'UN TREILLIS PLAN	105
EX 12	: POUTRE BI-ENCASTRÉE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	108
EX 13	: POUTRE CONTINUE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	110
EX 14	: EXTENSION DES FORMULES DE CLAPERYRON AUX CHARGEMENTS THERMOMECANIQUES.....	113
EX 15	: EXTENSION DE L'ÉQUATION DES TROIS MOMENTS AUX CHARGEMENTS THERMOMÉCANIQUES.....	116
EX 16	: POUTRE CONTINUE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	118
EX 17	: FLAMBEMENT THERMIQUE	120

CHAPITRE IV : Thermique des plaques

Exercice 4.1 à Exercice 4.9

EX 1	: FRETTAGE D'UNE ROUE.....	125
EX 2	: FLEXION D'UN HUBLLOT APPUYÉ SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	127
EX 3	: FLEXION D'UN HUBLLOT ENCASTRÉ SOUS GRADIENT THERMIQUE	129
EX 4	: FLEXION CYLINDRIQUE D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE APPUYÉE SOUS GRADIENT THERMIQUE	131
EX 5	: FLEXION CYLINDRIQUE D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE BI-ENCASTRÉE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	133
EX 6	: FLEXION CYLINDRIQUE D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE CONTINUE À DEUX TRAVERSES SOUS GRADIENT THERMIQUE	135
EX 7	: FLEXION D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT APPUYÉE SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	138
EX 8	: FLEXION D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE APPUYÉE SUR DEUX BORDS OPPOSÉS SOUS GRADIENT THERMIQUE.....	141
EX 9	: VOILEMENT THERMIQUE D'UN DISQUE CIRCULAIRE	144

CHAPITRE V : Thermique des coques

Exercice 5.1 à Exercice 5.8

EX 1	: FRETTAGE D'UN CYLINDRE LIBRE	149
EX 2	: FRETTAGE D'UN CYLINDRE ENCASTRÉ.....	152
EX 3	: FRETTAGE D'UNE SPHÈRE.....	155
EX 4	: DÔME HÉMISPHERIQUE EN MEMBRANE SOUS ÉLÉVATION UNIFORME DE TEMPÉRATURE	157
EX 5	: RÉSERVOIR CYLINDRIQUE HAUT SOUS GRADIENT THERMIQUE TRANSVERSAL	159
EX 6	: RÉSERVOIR CYLINDRIQUE BAS SOUS GRADIENT THERMIQUE TRANSVERSAL	161
EX 7	: RÉSERVOIR CYLINDRIQUE HAUT SOUS GRADIENT THERMIQUE LONGITUDINAL ET TRANSVERSAL.....	164
EX 8	: VOUTE DEMI-CYLINDRIQUE SOUS GRADIENT THERMIQUE TRANSVERSAL.....	166

CHAPITRE VI : Dynamique des Structures à un degré de liberté

Exercice 6.1 à Exercice 6.11

EX 1	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN ASSEMBLAGE DE BARRES ARTICULÉES.....	171
EX 2	: VIBRATIONS NON AMORTIES ENTRETENUES D'UN ASSEMBLAGE DE BARRES ARTICULÉES.....	173
EX 3	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN ASSEMBLAGE ÉLASTIQUE DE BARRES ARTICULÉES.....	175
EX 4	: VIBRATIONS ENTRETENUES NON AMORTIES D'UN ASSEMBLAGE ÉLASTIQUE DE BARRES ARTICULÉES.....	177
EX 5	: VIBRATIONS LIBRES AMORTIES D'UN ASSEMBLAGE ÉLASTIQUE DE BARRES ARTICULÉES.....	179
EX 6	: DÉTERMINATION DE LA PULSATION PROPRE D'ASSEMBLAGES DE BARRES ARTICULÉES PAR LA MÉTHODE DE RAYLEIGH	181
EX 7	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN PORTIQUE SIMPLE	183
EX 8	: VIBRATIONS ENTRETENUES NON AMORTIES D'UN PORTIQUE SIMPLE.....	185
EX 9	: VIBRATIONS LIBRES AMORTIES D'UN PORTIQUE SIMPLE.....	188
EX 10	: RÉPONSE D'UN PORTIQUE SIMPLE PLAN AMORTI À UNE ÉLONGATION INITIALE	190
EX 11	: RÉPONSE D'UN PORTIQUE SIMPLE PLAN AMORTI A UN SEISME	193

CHAPITRE VII : Dynamique des Structures à plusieurs degrés de liberté

Exercice 7.1 à Exercice 7.9

EX 1	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN ASSEMBLAGE DE POUTRES ARTICULEES.....	199
EX 2	: VIBRATIONS ENTRETENUES NON AMORTIES D'UN ASSEMBLAGE DE POUTRES ARTICULEES.....	202
EX 3	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN PORTIQUE BI-ETAGE PLAN.....	205
EX 4	: VIBRATIONS ENTRETENUES NON AMORTIES D'UN PORTIQUE BI-ETAGE PLAN	208
EX 5	: VIBRATIONS AMORTIES NON ENTRETENUES D'UN PORTIQUE PLAN BI-ETAGE.....	211
EX 6	: APPLICATION DE LA METHODE DE RAYLEIGH-RITZ A UN PORTIQUE PLAN BI-ETAGE	214
EX 7	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE SUSPENSION PAR RESSORTS.....	217
EX 8	: VIBRATIONS AMORTIES NON-ENTRETENUES D'UNE SUSPENSION A RESSORTS.....	220
EX 9	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE SUSPENSION PAR LAME FLEXIBLE	223

CHAPITRE VIII : Dynamique des milieux continus solides

Exercices 8.1 à Exercice 8.11

EX 1 :	VIBRATIONS LIBRES D'UNE SPHÈRE CREUSE.....	229
EX 2 :	VIBRATIONS LIBRES D'UNE CONDUITE CYLINDRIQUE	232
EX 3 :	VIBRATIONS ENTRETENUES D'UNE CONDUITE CYLINDRIQUE.....	235
EX 4 :	PROPAGATION D'ONDES ÉLASTIQUES PLANES LONGITUDINALES.....	237
EX 5 :	PROPAGATION D'ONDES ÉLASTIQUES PLANES TRANSVERSALES	239
EX 6 :	RÉFLEXION D'UNE ONDE PLANE LONGITUDINALE SUR UNE SURFACE LIBRE.....	241
EX 7 :	RÉFLEXION D'UNE ONDE PLANE LONGITUDINALE SUR UNE SURFACE INDÉFORMABLE	244
EX 8 :	RÉFRACTION D'UNE ONDE PLANE LONGITUDINALE À LA FRONTIÈRE DE DEUX MILIEUX ÉLASTIQUES	247
EX 9 :	ONDES DE CONTRAINTES DANS UN PIEU BATTU EN TÊTE, LIBRE AU BOUT	250
EX 10 :	ONDES DE CONTRAINTES DANS UN PIEU BATTU EN TÊTE, ENCASTRÉ AU BOUT.....	253
EX 11 :	BATTAGE D'UN PIEU DANS UN SOL AVEC FROTTEMENT LATÉRAL.....	256

CHAPITRE IX : Dynamique des poutres

Exercices 9.1 à 9.10

EX 1 :	VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE POUTRE CONSOLE.....	261
EX 2 :	VIBRATIONS NON AMORTIES ENTRETENUES D'UNE POUTRE CONSOLE	264
EX 3 :	VIBRATIONS LIBRES D'UNE POUTRE CONSOLE VISCOÉLASTIQUE LINÉAIRE.....	266
EX 4 :	VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE POUTRE ENCASTRÉE-APPUYÉE.....	269
EX 5 :	VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE POUTRE BI-ENCASTRÉE.....	272
EX 6 :	APPLICATION DE LA MÉTHODE DE RAYLEIGH AUX VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE POUTRE SUR 2 APPUIS.....	274
EX 7 :	APPLICATIONS DE LA MÉTHODE DE RAYLEIGH AUX VIBRATIONS NON AMORTIES D'UNE POUTRE SUR 2 APPUIS CHARGÉE EN SECTION MÉDIANE	277
EX 8 :	APPLICATIONS DE LA MÉTHODE DE RAYLEIGH À LA DÉTERMINATION DES VIBRATIONS NON AMORTIES D'UNE POUTRE SUR 2 APPUIS SUBISSANT LA CHUTE D'UNE MASSE EN SON CENTRE	280
EX 9 :	VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE POUTRE TOMBANT SUR UN DE SES APPUIS	283
EX 10 :	VIBRATIONS DE TORSION D'UN ARBRE PORTE-HELICE	286

CHAPITRE X : Dynamique des plaques

Exercices 10.1 à 10.7

EX 1	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES DE FLEXION D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE.....	291
EX 2	: APPLICATION DE LA MÉTHODE DE RAYLEIGH AUX VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES DE FLEXION D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE.....	294
EX 3	: VIBRATIONS ENTRETENUES NON AMORTIES DE FLEXION D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE.....	297
EX 4	: VIBRATIONS LIBRES DE FLEXION D'UNE PLAQUE RECTANGULAIRE VISCOÉLASTIQUE.....	300
EX 5	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES DE FLEXION D'UN DISQUE APPUYÉ SUR SON CONTOUR.....	303
EX 6	: VIBRATIONS LIBRES AMORTIES DE FLEXION D'UN DISQUE APPUYÉ SUR SON CONTOUR.....	306
EX 7	: APPLICATION DE LA MÉTHODE DE RAYLEIGH AUX VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES DE FLEXION D'UN DISQUE APPUYÉ SUR SON CONTOUR.....	309

CHAPITRE XI : Dynamique des coques

Exercices 11.1 à 11.5

EX 1	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UNE MEMBRANE SPHÉRIQUE.....	315
EX 2	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN RÉSERVOIR CYLINDRIQUE CIRCULAIRE.....	317
EX 3	: VIBRATIONS LIBRES NON AMORTIES D'UN RÉSERVOIR CYLINDRIQUE CIRCULAIRE HAUT.....	321
EX 4	: RÉPONSE D'UN RÉSERVOIR CYLINDRIQUE CIRCULAIRE À UNE PRESSION NORMALE HARMONIQUE.....	324
EX 5	: VIBRATIONS LIBRES D'UN RÉSERVOIR CYLINDRIQUE CIRCULAIRE VISCOÉLASTIQUE.....	327