

# Table des matières

Introduction .....	1
<b>CHAPITRE 1. Notions de statique .....</b>	<b>3</b>
1.1 Forces et moments de forces .....	3
1.1.1 Forces .....	3
1.1.2 Moments de forces .....	8
1.2 Actions et réactions .....	10
1.3 Équilibre d'un solide .....	11
1.4 Éléments de statique graphique .....	12
1.4.1 Composition des forces d'un solide .....	12
1.4.2 Détermination de la résultante d'un système de forces .....	16
<i>Exercices – Poutre sur appuis simples : calcul des réactions d'appui .....</i>	<i>20</i>
<i>Poutre avec double appui simple : calcul des réactions d'appui .....</i>	<i>21</i>
<i>Statique graphique .....</i>	<i>22</i>
<b>CHAPITRE 2. Moment statique et moment d'inertie d'une surface .....</b>	<b>25</b>
2.1 Moment statique .....	25
2.2 Moment d'inertie .....	27
2.3 Module d'inertie .....	28
2.4 Tableau des différents moments et modules pour les figures simples .....	29
<i>Exercices – Calcul du moment d'inertie et du module d'inertie d'un rectangle évidé .....</i>	<i>32</i>
<i>Cas d'une cornière .....</i>	<i>33</i>
<i>Cas d'un profil en T .....</i>	<i>24</i>

<b>CHAPITRE 3. Généralités sur la résistance des matériaux ...</b>	<b>35</b>
3.1 But de la résistance des matériaux .....	35
3.2 Notion de contrainte .....	35
3.3 Étude expérimentale de la relation entre contraintes et déformations .....	37
3.4 Contraintes admissibles – Notion de coefficient de sécurité .....	40
<i>Exercices – Éléments de la courbe d'essai de traction</i> .....	41
<i>Application du coefficient de Poisson</i> .....	41
<b>CHAPITRE 4. Les poutres .....</b>	<b>43</b>
4.1 Définition d'une poutre .....	43
4.2 Forces appliquées aux poutres .....	44
4.2.1 Forces données .....	44
4.2.2 Réactions d'appui .....	44
4.2.3 Relations entre forces données et réactions d'appui .....	45
4.3 Première hypothèse fondamentale de la théorie des poutres : principe de Saint-Venant .....	45
4.3.1 Principe de Saint-Venant .....	45
4.3.2 Système des forces extérieures à une section .....	47
4.3.3 Application : poutre droite sur appuis simples .....	48
4.4 Deuxième hypothèse fondamentale de la théorie des poutres : principe de Navier-Bernoulli .....	50
<i>Exercice – Arc symétrique à trois articulations</i> .....	50
<b>CHAPITRE 5. Contraintes produites par l'effort normal     et le moment fléchissant .....</b>	<b>55</b>
5.1 Étude de l'effort normal – Compression ou traction simple .....	55
5.2 Étude du moment fléchissant .....	56
5.2.1 Flexion pure .....	56
5.2.2 Flexion simple .....	58
5.2.3 Flexion composée .....	59
5.2.4 Noyau central – Résistance des maçonneries .....	60
<i>Exercices – Étude d'une poutre métallique</i> .....	62
<i>Étude d'une section circulaire</i> .....	63
<i>Étude d'une fondation</i> .....	63

## CHAPITRE 6. Contraintes produites par l'effort tranchant ... 67

6.1 Généralités .....	67
6.2 Calcul de la contrainte de cisaillement .....	69
6.3 Étude de quelques sections particulières .....	73
6.3.1 Section rectangulaire de hauteur $2h$ et de largeur $b$ .....	73
6.3.2 Section circulaire de rayon $R$ .....	73
6.3.3 Section en double-té symétrique par rapport à l'axe $Gz$ .....	74
<i>Exercices – Étude d'une poutre de section rectangulaire</i> .....	75
<i>Poutre de section rectangulaire – Autre section</i> .....	77

## CHAPITRE 7. Contraintes engendrées par le moment de torsion .....

7.1 Résultats de la théorie de la torsion .....	79
7.1.1 Section elliptique .....	80
7.1.2 Section circulaire .....	80
7.1.3 Section rectangulaire .....	80
<i>Exercices – Étude d'un barreau circulaire</i> .....	81
<i>Étude d'une tôle d'acier</i> .....	82

## CHAPITRE 8. Poutres droites isostatiques .....

8.1 Poutres sur appuis simples .....	83
8.1.1 Définition .....	83
8.1.2 Calcul des efforts et des moments sous une charge concentrée – Lignes d'influence .....	84
8.1.3 Systèmes de charges concentrées : principe de superposition des charges – Effet d'un convoi – Théorème de Barré .....	87
8.1.4 Cas de charges réparties .....	92
8.1.5 Lignes enveloppes .....	94
8.1.6 Calcul des flèches .....	95
8.2 Consoles .....	97
8.2.1 Définition .....	97
8.2.2 Détermination de l'effort tranchant et du moment fléchissant sous une charge concentrée – Ligne d'influence .....	98
8.2.3 Cas d'une charge uniformément répartie .....	99
8.2.4 Calcul des flèches .....	99
8.3 Étude des poutres consoles .....	100
<i>Exercices – Poutre sur appuis simples</i> .....	101
<i>Calcul de la flèche à l'extrémité d'une console</i> .....	104
<i>Étude d'une poutre console</i> .....	105

<b>CHAPITRE 9. Poutres droites hyperstatiques</b> .....	109
9.1 Généralités .....	109
9.2 Formules valables pour toutes les poutres hyperstatiques .....	110
9.3 Poutre encastrée à ses deux extrémités .....	111
9.4 Poutre encastrée à une extrémité, sur appui simple à l'autre .....	113
9.5 Poutres continues .....	114
9.6 Cas particulier des bâtiments courants en béton armé .....	116
9.7 Autre méthode pour le calcul des poutres hyperstatiques – Équation de Clapeyron .....	118
<i>Exercices – Poutre encastrée à une extrémité sur appui simple à l'autre..</i>	123
<i>Poutre continue à deux travées égales.....</i>	124
<i>Poutre continue à trois travées égales.....</i>	125
<i>Poutre continue à quatre travées égales.....</i>	127
 <b>CHAPITRE 10. Systèmes réticulés isostatiques</b> .....	 133
10.1 Définitions .....	133
10.2 Méthode des nœuds – Épure de Crémone .....	134
10.3 Méthode des sections .....	137
<i>Exercice – Poutre triangulée.....</i>	139
 <b>CHAPITRE 11. Stabilité de l'équilibre élastique</b> .....	 143
11.1 Introduction .....	143
11.2 Poutre sur appuis simples, de section constante, comprimée et fléchie .....	144
11.3 Flambement des poutres droites de section constante .....	145
11.3.1 Poutre articulée à ses extrémités .....	145
11.3.2 Poutres soumises à des conditions aux limites diverses .....	146
11.3.3 Sécurité vis-à-vis du flambement – Contraintes admissibles .....	147
11.4 Prescriptions des règlements en vigueur .....	148
11.4.1 Règlements relatifs aux constructions métalliques .....	148
11.4.2 Règlement relatif au béton armé .....	150
<i>Exercices – Barre d'acier de section rectangulaire .....</i>	151
<i>Poteau comprimé .....</i>	152

<b>ANNEXE A. Rappels d'analyse mathématique</b> .....	155
<b>A.1 Fonction dérivée</b> .....	155
A.1.1 Exemple : fonction linéaire .....	156
A.1.2 Exemple : fonction du second degré .....	156
A.1.3 Exemple : fonction de degré $n$ .....	156
A.1.4 Dérivées d'une somme, d'un produit, ou d'un quotient de fonctions dérivables .....	156
A.1.5 Dérivée d'une fonction de fonction .....	156
A.1.6 Rappel de quelques dérivées de fonctions .....	156
A.1.7 Dérivée de la fonction réciproque d'une fonction dérivable .....	157
<b>A.2 Notion d'intégrale définie</b> .....	157
A.2.1 Propriétés de l'intégrale définie .....	158
A.2.2 Fonction définie par une intégrale .....	158
<b>A.3 Fonctions primitives</b> .....	159
A.3.1 Définition .....	159
A.3.2 Fonction primitive de valeur donnée en un point donné .....	159
A.3.3 Relation entre intégrale définie et primitive .....	159
A.3.4 Intégrale indéfinie .....	160
A.3.5 Recherche des fonctions primitives d'une fonction donnée .....	160
A.3.6 Aire d'une surface plane .....	162
<b>A.4 Équations différentielles</b> .....	162
A.4.1 Équations du premier ordre .....	163
A.4.2 Exemples d'équations différentielles du second ordre .....	163
<b>ANNEXE B. Symboles et notations</b> .....	165