

Avant-propos	XI	Le point d'application d'une force et l'équilibre	30
		L'angle de frottement	31
		Le diagramme de Cremona	31
		Les forces et les efforts	32
Introduction	1		
Le parcours des structures	2	Les câbles	35
Qu'est-ce qu'une structure portante?	4	Le schéma structural	37
Le but d'une structure	4	La portée ℓ et la flèche f	37
Structure et architecture	5	Les appuis	38
		Le sens de l'effort sur le sous-système	38
Forces et équilibre, efforts, résistance et rigidité	7	L'influence de la charge	39
		L'influence de la géométrie	39
Les charges qui agissent sur une structure	9	Le rapport ℓ/f	40
Les forces de gravitation et la loi de gravitation de Newton	9	L'influence de la position de la charge	40
La force de gravitation à la surface de la terre	10	La charge dans une direction quelconque	41
Le vecteur force, le point d'application et la ligne d'action	10	Le câble avec deux charges verticales	41
Le sous-système	11	Le câble de la résultante	42
Les conditions d'équilibre de deux forces	11	Le câble avec deux charges non verticales	42
Les forces qui agissent sur la surface de contact		Le câble avec plusieurs charges non verticales	43
entre deux sous-systèmes: action = réaction	12	Les charges parallèles non symétriques	44
La transmission d'une force et l'effort	13	Le câble auxiliaire	44
L'effort de compression et sa quantification	13	Le centre de gravité	45
La sollicitation du matériau: la contrainte de compression	14	Le polygone funiculaire	45
La sollicitation de traction	15	Les charges réparties	45
La contrainte de traction	16	Le câble sollicité par des charges uniformément réparties	45
L'effet de la sollicitation de traction: allongement	16	La chaînette	47
L'effet de la sollicitation de compression: raccourcissement	16	Les ponts suspendus	47
Le comportement linéaire et le comportement élastique	17	Les applications en architecture	48
La rigidité	17	Les appuis: piles, ancrages et autres éléments	49
La rigidité d'une structure sollicitée à la traction		Le dimensionnement des câbles	49
ou à la compression	18	La section du câble en fonction de l'élanement ℓ/f	49
La rigidité du matériau	18	La quantité de matériau en fonction de l'élanement ℓ/f	50
La phase élastique et la phase plastique	19	Les déplacements causés par la variation d'intensité des charges	50
La contrainte d'écoulement et la résistance	20	Les déplacements causés par les charges permanentes	51
Le comportement mécanique de l'acier	20	Les déplacements dus aux charges variables	51
Le module d'élasticité E	20	Les déplacements causés par les variations de température	52
La contrainte d'écoulement f_y	21	L'effet des déplacements horizontaux des appuis	
La résistance à la rupture f_t	21	sur la géométrie du câble	52
La déformation à la rupture ϵ_r	21	La variation de la configuration des charges	52
La traction et la compression	22	Les déplacements provoqués par des charges variables	53
La fragilité et la ductilité	22	Procédés pour limiter les déplacements provoqués	
Le béton	23	par les charges variables	53
La roche	23	L'augmentation de la charge permanente	54
Le bois	24	La solution avec câble de prétension: poutre de câbles	54
Une comparaison des matériaux	24	La solution avec câble porteur et câbles stabilisateurs	56
La rigidité et la résistance	24	Le câble avec poutre de raidissement	57
Le dimensionnement	26	Le câble avec rigidité flexionnelle	58
Le critère de l'état limite de service	26	Les systèmes avec des câbles combinés	59
Le critère de l'état limite ultime	27	Les systèmes haubanés	59
Les facteurs de charge	27		
Les charges majorées et l'effort de dimensionnement	27	Les réseaux de câbles, les tentes et les membranes	61
Les facteurs de résistance	27		
La résistance de dimensionnement	28	Les systèmes de câbles dans l'espace	63
La fatigue	29	Les réseaux de câbles	64
L'équilibre de plus de deux forces dans le plan et dans l'espace		Les tentes et les membranes	65
La première condition d'équilibre	30	Les membranes pneumatiques	67
Polygone des forces	30	Les membranes pneumatiques à haute pression	68
La seconde condition d'équilibre	30		

Les arcs	69
Les structures sollicitées à la compression	71
Cas avec plusieurs charges et charges uniformément répartis: les arcs	72
L'arc parabolique	72
L'arc en forme de chaînette	72
L'analogie entre câbles et arcs	73
L'influence des charges variables	73
L'instabilité des arcs	74
Procédés pour stabiliser les arcs	74
Adjonction de barres stabilisatrices	74
L'introduction d'une poutre de raidissement	75
Le raidissement de l'arc par augmentation de l'épaisseur	76
La ligne d'action des efforts	76
Les lignes d'action possibles des efforts à l'intérieur d'un arc	78
Les arcs hyperstatiques et les arcs isostatiques	78
L'arc à trois articulations	79
La forme optimale d'un arc à trois articulations	79
L'épaisseur nécessaire d'un arc à trois articulations sollicité seulement à la compression	81
Les arcs construits avec des matériaux résistant à la traction	81
Les arcs dont la forme ne correspond pas à celle du polygone funiculaire des charges permanentes	82
Les arcs à deux articulations, forme idéale	82
Les arcs à une articulation	83
Les arcs sans articulation	83
Les arcs à plein cintre en maçonnerie	84
Les voûtes, les coupes et les coques	87
L'arc comme élément d'une toiture	89
Les voûtes en berceau	89
Les voûtes d'arêtes	91
Les voûtes en éventail	92
Les voûtes en arc-de-cloître	94
Les coupes	95
Le fonctionnement effectif des coupes	95
Les coupes avec une ouverture centrale pour le lanterneau	96
Les coupes métalliques	97
Les arcs croisés	97
Les coupes constituées par des arcs et anneaux	98
La forme des coupes et les sollicitations	99
Les coupes à forme conique	100
Les hyperboloïdes de révolution	102
La reprise de charges horizontales ou verticales quelconques	103
Les coupes géodésiques	104
Les coupes à réseau	104
Les coques et les coupes quelconques	105
Les coques à double courbure orientée vers le bas	106
Les coques à courbure orientée vers le haut et vers le bas, les paraboloides hyperboliques	107
Les surfaces à selle de singe	108
Les coques quelconques composées	108
Les coques cylindriques	109
Les réseaux d'arcs	110

Les arcs-et-câbles	111
La reprise de la composante horizontale de la poussée	113
L'arc avec tirant	114
Les appuis fixes et les appuis mobiles	114
Projet et analyse des arcs avec tirant	115
La composition de câbles avec butons	116
La composition d'arcs et de câbles	117
Les arcs-et-câbles	118
Stabilisation de l'arc et reprise des charges variables	118
Les arcs-et-câbles en porte-à-faux	119
Les systèmes haubanés	120
Les treillis	123
Solution du problème de la déformabilité et de la stabilité par l'adjonction de barres supplémentaires	125
Les treillis	125
Analyse des treillis	125
Systèmes labiles, isostatiques ou hyperstatiques	128
Génération des treillis	129
L'analyse générale des treillis	130
Membre supérieure, membre inférieure et diagonales	132
L'influence de la hauteur et de la portée sur les sollicitations dans les treillis	132
Analyse complète d'un treillis	133
Le moment de flexion	134
La détermination des barres les plus sollicitées dans les membrures	135
L'analyse spécifique de barres des membrures dans les treillis	135
L'analyse des diagonales et leur fonctionnement	137
L'effort tranchant	137
La détermination des diagonales les plus sollicitées	138
La détermination des diagonales en traction et en compression	138
L'analyse qualitative d'un treillis	139
Les configurations possibles des diagonales	139
Diagonales en V	139
Diagonales en N	140
Diagonales en X	140
Diagonales en K	142
Les formes des treillis	145
La forme et l'efficacité structurale	146
L'influence de la forme sur la rigidité de la structure	148
Les consoles avec plusieurs charges	149
Les tours	150
Les poutres réticulaires avec consoles	151
Les poutres Gerber	152
Treillis pour d'autres formes structurales	153
Les treillis dans l'espace	155
La composition de treillis pour soutenir une toiture	157
La grille de treillis	157
Les treillis spatiaux	158
Les voûtes et les coupes constituées de treillis	159

Les poutres	161	La transmission des charges dans plusieurs directions.....	209
Le treillis comme aide à la compréhension du fonctionnement des poutres	163	Les portées équivalentes pour les dalles qui partent en deux directions.....	210
La sollicitation de la zone intermédiaire des poutres	163	Les dalles soutenues par des colonnes	211
La sollicitation de la zone tendue et de la zone comprimée	163	La dalle-champignon.....	212
Les poutres en béton armé.....	164	Les planchers-dalles sur colonnes.....	212
La flexion simple d'une poutre.....	165	Le choix de l'épaisseur des planchers-dalles	213
La flexion et la courbure	165	La stabilité des éléments comprimés	215
La résistance des poutres sollicitées à la flexion.....	165	Les barres tendues et les barres comprimées.....	217
L'influence des dimensions d'une poutre à section rectangulaire sur sa résistance.....	166	La résistance d'une barre comprimée	218
L'influence des dimensions d'une poutre à section rectangulaire sur sa rigidité.....	168	Comment rendre une colonne stable.....	219
Les sections les plus efficaces: sections en I	170	L'influence de la hauteur de la colonne sur la résistance à la compression	220
L'influence des dimensions d'une poutre en I sur sa résistance à la flexion et sur sa rigidité	170	L'influence des conditions d'appui, la longueur critique	221
Le comportement d'une poutre en I avec les ailes verticales	171	L'influence de la rigidité du matériau sur la charge critique de flambage d'une colonne	224
L'efficacité d'une section.....	172	L'influence de la dimension de la section	225
La forme, la section et l'efficacité structurale.....	172	L'influence de la forme de la section	226
Les poutres simples avec charges concentrées et avec charges uniformément réparties.....	174	Le choix des sections.....	227
Consoles	175	Le voilement	227
Les poutres avec consoles	176	Colonnes en treillis et en Vierendeel	228
Les poutres Gerber.....	178	Colonnes à section variable	228
Les poutres continues	179	Annexes	229
Les poutres bi-encastées.....	180	Annexe 1: La détermination analytique de la courbe funiculaire dans le cas du câble soumis à une charge uniformément répartie	231
Les zones plus ou moins sollicitées dans les poutres	181	Annexe 2: L'expression analytique des conditions d'équilibre ..	232
Les cadres	183	Annexe 3: L'effort normal, l'effort tranchant et le moment de flexion.....	234
Les cadres à deux articulations	185	Glossaire	237
Les cadres à trois articulations	186	Bibliographie	249
La forme et la sollicitation	187	Crédits photo	255
Les cadres à travées multiples	189	Index	259
Les cadres superposés	191	i-structures	267
Les cadres à étages et à travées multiples	192		
Les poutres Vierendeel.....	192		
Les poutres-cloisons et les voiles	195		
Les poutres-cloisons.....	197		
Les voiles sur plusieurs étages	197		
Les voiles dans l'espace	199		
Les structures plissées	200		
Les planchers nervurés, les grilles de poutres et les dalles	201		
La composition de poutres pour soutenir une surface plane.....	203		
Les grilles de poutres.....	204		
Les dalles	205		
Les dalles soutenues par des murs avec transmission des charges dans une direction	205		
Le choix de l'épaisseur d'une dalle.....	206		
L'influence du type d'appui sur le comportement de la dalle.....	208		
Dalles continues.....	209		
Le fonctionnement avec des charges concentrées.....	209		