

# Table des matières

Avant-propos	xiii
Ressources	xvi
Notes des traducteurs	xvi

<b>Chapitre 1 Introduction : histoire et caractère des matériaux</b>	<b>1</b>
1.1 Matériaux, procédés et sélection	2
1.2 Propriétés des matériaux	4
1.3 Propriétés limitant la conception	9
1.4 Résumé et conclusions	11
1.5 Lectures complémentaires	11
1.6 Exercices	11

<b>Chapitre 2 Classification des matériaux et des procédés</b>	<b>13</b>
2.1 Introduction et présentation du chapitre	14
2.2 Diagramme de classification des matériaux	14
2.3 Diagramme de classification des procédés	18
2.4 Interaction procédé-propriété	21
2.5 Cartes de propriétés des matériaux	22
2.6 Gestion de l'information assistée par ordinateur pour les matériaux et les procédés	24
2.7 Résumé et conclusions	25
2.8 Lectures complémentaires	26
2.9 Exercices	27
2.10 Conception assistée avec le logiciel CES	28
2.11 Explorer la science avec CES Elements	29

<b>Chapitre 3 Stratégie de recherche du matériau adéquat</b>	<b>31</b>
3.1 Introduction et présentation du chapitre	32
3.2 Le processus de conception	32
3.3 Informations requises lors de la conception	36
3.4 La stratégie : transposition, tri, classement et documentation	38
3.5 Exemples de transposition	42
3.6 Résumé et conclusions	45
3.7 Lectures complémentaires	46
3.8 Exercices	47
3.9 Conception assistée avec le logiciel CES	48

<b>Chapitre 4 Rigidité et poids: densité et module élastique</b>	<b>51</b>
4.1 Introduction et présentation du chapitre	52
4.2 Densité, contrainte, déformation et module élastique	52
4.3 Vue d'ensemble grâce aux cartes de propriétés des matériaux	62
4.4 Aspects scientifiques à l'origine de la densité et de la rigidité	64
4.5 Manipuler le module élastique et la densité	75
4.6 Résumé et conclusions	80
4.7 Lectures complémentaires	80
4.8 Exercices	81
4.9 Conception assistée avec le logiciel CES	83
4.10 Explorer la science avec CES Elements	84

<b>Chapitre 5 Flexion, flambage et vibration: conception limitée par la rigidité</b>	<b>87</b>
5.1 Introduction et présentation du chapitre	88
5.2 Solutions classiques aux problèmes d'élasticité	88
5.3 Indices de matériau pour des composants élastiques	97
5.4 Tracer des limites et des indices sur les cartes	104
5.5 Etudes de cas	107
5.6 Résumé et conclusions	114
5.7 Lectures complémentaires	115
5.8 Exercices	116
5.9 Conception assistée avec le logiciel CES	117
5.10 Explorer la science avec CES Elements	118

<b>Chapitre 6 Au-delà de l'élasticité: plasticité et ductilité</b>	<b>119</b>
6.1 Introduction et présentation du chapitre	120
6.2 Résistance, travail plastique et ductilité: définitions et mesures	120
6.3 Cartes pour la limite élastique	124
6.4 Origines de la résistance et de la ductilité	127
6.5 Augmenter la limite élastique	136
6.6 Résumé et conclusions	144
6.7 Lectures complémentaires	145
6.8 Exercices	146
6.9 Conception assistée avec le logiciel CES	147
6.10 Explorer la science avec CES Elements	147

<b>Chapitre 7 Eviter et contrôler la plasticité: conception limitée par la résistance</b>	<b>149</b>
7.1 Introduction et présentation du chapitre	150
7.2 Solutions classiques aux problèmes de plasticité	150

7.3	Indices de matériau pour la conception limitée par la plasticité	160
7.4	Etudes de cas	164
7.5	Résumé et conclusions	169
7.6	Lectures complémentaires	170
7.7	Exercices	170
7.8	Conception assistée avec le logiciel CES	172

## **Chapitre 8 Rupture et ténacité** **175**

8.1	Introduction et présentation du chapitre	176
8.2	Résistance et ténacité	176
8.3	Mécanique de la rupture	178
8.4	Cartes de propriétés des matériaux pour la ténacité	185
8.5	Origines de la ténacité	186
8.6	Ajuster les propriétés: compromis résistance–ténacité	191
8.7	Résumé et conclusions	194
8.8	Lectures complémentaires	194
8.9	Exercices	195
8.10	Conception assistée avec le logiciel CES	196
8.11	Explorer la science avec CES Elements	196

## **Chapitre 9 Sollicitations cycliques, endommagement et rupture** **199**

9.1	Introduction et présentation du chapitre	200
9.2	Vibrations et résonance: coefficient d'amortissement	200
9.3	Fatigue	201
9.4	Cartes pour la limite d'endurance	210
9.5	Origines de l'amortissement et de la fatigue	211
9.6	Ajuster la résistance à la fatigue	212
9.7	Résumé et conclusions	214
9.8	Lectures complémentaires	215
9.9	Exercices	215
9.10	Conception assistée avec le logiciel CES	217

## **Chapitre 10 Conception limitée par la rupture** **219**

10.1	Introduction et présentation du chapitre	220
10.2	Solutions classiques aux problèmes de rupture	220
10.3	Indices de matériau pour la conception limitée par la rupture	221
10.4	Etudes de cas	225
10.5	Résumé et conclusions	238
10.6	Lectures complémentaires	238
10.7	Exercices	239
10.8	Conception assistée avec le logiciel CES	242

<b>Chapitre 11 Frottement et usure</b>	<b>243</b>
11.1 Introduction et présentation du chapitre	244
11.2 Propriétés tribologiques	244
11.3 Cartes pour le frottement et l'usure	246
11.4 Physique du frottement et de l'usure	248
11.5 Conception et sélection: matériaux pour gérer le frottement et l'usure	251
11.6 Résumé et conclusions	257
11.7 Lectures complémentaires	258
11.8 Exercices	258
11.9 Conception assistée avec le logiciel CES	259

<b>Chapitre 12 Agitation des atomes: matériaux et chaleur</b>	<b>261</b>
12.1 Introduction et présentation du chapitre	262
12.2 Propriétés thermiques: définitions et mesures	262
12.3 Cartes pour les propriétés thermiques	267
12.4 La physique des propriétés thermiques	269
12.5 Ajuster les propriétés thermiques	275
12.6 Concevoir en exploitant les propriétés thermiques	275
12.7 Résumé et conclusions	286
12.8 Lectures complémentaires	287
12.9 Exercices	287
12.10 Conception assistée avec le logiciel CES	288
12.11 Explorer la science avec CES Elements	290

<b>Chapitre 13 Utilisation des matériaux à haute température</b>	<b>293</b>
13.1 Introduction et présentation du chapitre	294
13.2 Dépendance thermique des propriétés des matériaux	294
13.3 Cartes pour le comportement en fluage	300
13.4 Aspects scientifiques: diffusion et fluage	303
13.5 Matériaux pour résister au fluage	313
13.6 Concevoir avec le fluage	316
13.7 Résumé et conclusions	324
13.8 Lectures complémentaires	325
13.9 Exercices	325
13.10 Conception assistée avec le logiciel CES	327
13.11 Explorer la science avec CES Elements	328

<b>Chapitre 14 Conducteurs, isolants et diélectriques</b>	<b>329</b>
14.1 Introduction et présentation du chapitre	330
14.2 Conducteurs, isolants et diélectriques	331
14.3 Cartes des propriétés électriques	337
14.4 Approfondissement: origines et manipulation des propriétés électriques	339

14.5	Conception basée sur les propriétés électriques des matériaux	351
14.6	Résumé et conclusions	359
14.7	Lectures complémentaires	359
14.8	Exercices	360
14.9	Conception assistée avec le logiciel CES	362
14.10	Explorer la science avec CES Elements	363

## **Chapitre 15 Matériaux magnétiques** **365**

15.1	Introduction et présentation du chapitre	366
15.2	Propriétés magnétiques: définition et mesure	366
15.3	Cartes des propriétés magnétiques	372
15.4	Approfondissement: origines et manipulation des propriétés magnétiques	374
15.5	Sélection des matériaux pour des applications magnétiques	380
15.6	Résumé et conclusions	386
15.7	Lectures complémentaires	386
15.8	Exercices	387
15.9	Conception assistée avec le logiciel CES	388
15.10	Explorer la science avec CES Elements	389

## **Chapitre 16 Matériaux pour l'optique** **391**

16.1	Introduction et présentation du chapitre	392
16.2	Interactions entre matériaux et radiations	392
16.3	Cartes des propriétés optiques des matériaux	398
16.4	Approfondissement: physique et manipulation des propriétés optiques	399
16.5	Conception de systèmes optiques	407
16.6	Résumé et conclusions	408
16.7	Lectures complémentaires	409
16.8	Exercices	409
16.9	Conception assistée avec le logiciel CES	410
16.10	Explorer la science avec CES Elements	411

## **Chapitre 17 Durabilité: oxydation, corrosion, dégradation** **413**

17.1	Introduction et présentation du chapitre	414
17.2	Oxydation, inflammabilité et photodégradation	415
17.3	Mécanismes d'oxydation	417
17.4	Résistance à l'oxydation, à la combustion et à la photodégradation	421
17.5	Corrosion: acides, alcalins, eau et solvants organiques	424
17.6	Approfondissement: mécanismes de corrosion	427
17.7	Combattre la corrosion	432
17.8	Résumé et conclusions	446
17.9	Lecture et logiciels complémentaires	447
17.10	Exercices	448

17.11	Conception assistée avec le logiciel CES	449
17.12	Explorer la science avec CES Elements	450

## **Chapitre 18 Chauffer, déformer, assembler et polir: procédés** **451**

18.1	Introduction et présentation du chapitre	452
18.2	Sélection des procédés dans la conception	452
18.3	Attributs des procédés: compatibilité avec les matériaux	455
18.4	Procédés de mise en forme: attributs	456
18.5	Procédés d'assemblage: attributs et origines	466
18.6	Procédés de traitement de surface (et de finition): attributs et origines	469
18.7	Estimation des coûts des procédés de mise en forme	470
18.8	Sélection des procédés assistée par ordinateur	474
18.9	Etudes de cas	476
18.10	Résumé et conclusions	486
18.11	Lectures complémentaires	487
18.12	Exercices	488
18.13	Conception assistée avec le logiciel CES	488
18.14	Explorer la science avec CES Elements	490

## **Chapitre 19 Suivre la recette: procédés et propriétés** **491**

19.1	Introduction et présentation du chapitre	492
19.2	Des procédés aux propriétés	493
19.3	Microstructure des matériaux	496
19.4	Evolution de la microstructure pendant les procédés	497
19.5	Procédés de mise en forme des métaux	513
19.6	Mise en forme des autres matériaux	529
19.7	Fabrication des matériaux hybrides	534
19.8	Résumé et conclusions	536
19.9	Lectures complémentaires	537
19.10	Exercices	538
19.11	Conception assistée avec le logiciel CES	539

## **Chapitre 20 Matériaux, procédés et environnement** **541**

20.1	Introduction et présentation du chapitre	542
20.2	Consommation des matériaux et croissance de la demande	542
20.3	Cycle de vie des matériaux et critères d'évaluation	545
20.4	Définitions et mesures: énergie intrinsèque, énergie de mise en forme et valeur en fin de vie	547
20.5	Cartes des énergies embarquées	553
20.6	Sélection des matériaux pour une conception écologique	556
20.7	Résumé et conclusions	561
20.8	Annexe: quelques grandeurs utiles	562

20.9	Lectures complémentaires	562
20.10	Exercices	563
20.11	Conception assistée avec le logiciel CES	564

### **Leçon guidée n° 1: quelques éléments de cristallographie**

**GL-1**

	Introduction et présentation du chapitre	GL1-2
	PARTIE 1: Structures cristallines	GL1-2
	PARTIE 2: Espaces interstitiels	GL1-6
	PARTIE 3: Description d'un plan du réseau	GL1-8
	PARTIE 4: Description d'une direction du réseau	GL1-10
	PARTIE 5: Structures des céramiques	GL1-12
	PARTIE 6: Cristaux polymères	GL1-16

### **Leçon guidée n° 2: diagrammes de phases et transformations de phases**

**GL-21**

	Introduction et présentation du chapitre	GL2-2
	PARTIE 1: Terminologie et définitions de base	GL2-3
	PARTIE 2: Diagrammes de phases simples et leur utilisation	GL2-7
	PARTIE 3: Le diagramme fer-carbone	GL2-24
	PARTIE 4: Interprétation de diagrammes de phases plus complexes	GL2-28
	PARTIE 5: Transformations de phases et évolution des microstructures	GL2-35
	PARTIE 6: Solidification proche de l'équilibre	GL2-37
	PARTIE 7: Changements de phases à l'état solide proches de l'équilibre	GL2-51
	PARTIE 8: Changements de phases à l'état solide hors équilibre	GL2-59

Annexe: Données matériaux pour l'ingénierie

A-1

Index

I-1