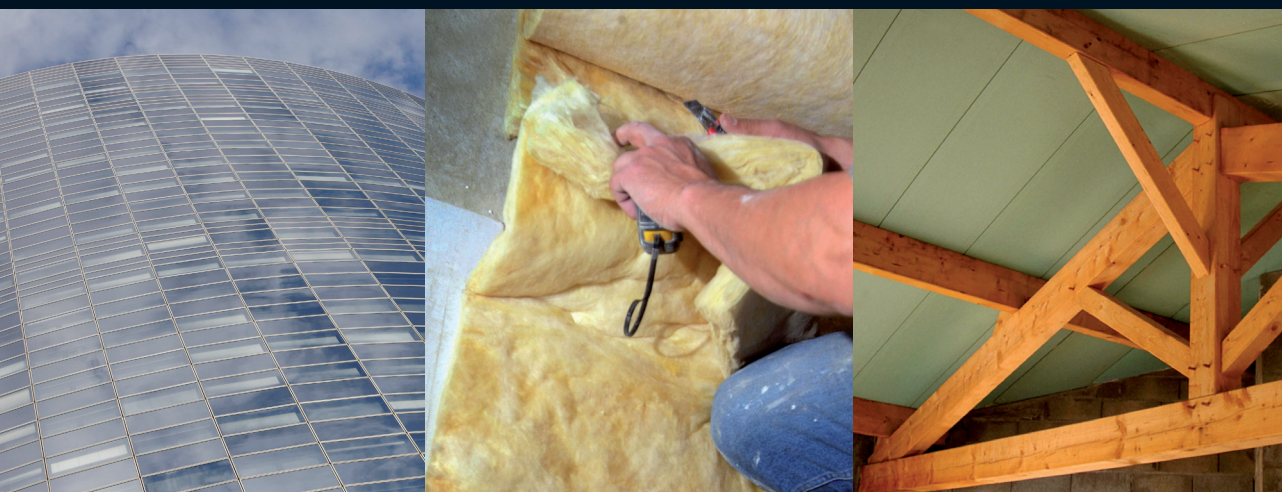


Christian **Lemaitre**

Les propriétés physico-chimiques des matériaux de construction



Matière & matériaux | Propriétés rhéologiques & mécaniques
| Sécurité & réglementation | Comportement thermique,
hygroscopique, acoustique et optique

EYROLLES

Les propriétés physico-chimiques des matériaux de construction



Ce manuel contient les **connaissances de base** conduisant au **choix des matériaux dans le domaine de la construction**.

Tous les paramètres sont examinés : sollicitations mécaniques ou liées au climat, tenue au feu, problèmes relatifs à la santé dans les habitations, isolation thermique (en relation avec les questions d'aération et d'humidité dans les locaux), confort acoustique ou encore ambiances lumineuses.

À la description de chacun des matériaux sont associées les **normes**, la **règlementation** et les notions concernant les **constructions durables**.

SOMMAIRE

- Matière et matériaux
- Propriétés rhéologiques et mécaniques des matériaux
- Matériaux, sécurité et réglementation
- Comportement thermique et hygroscopique des matériaux
- Comportement acoustique et optique des matériaux

Dans une pagination réduite cette initiation moderne à l'indispensable connaissance des matériaux de construction et de leurs fonctionnalités s'adresse en priorité aux élèves et aux étudiants en génie civil abordant pour la première fois les matériaux de construction dans les IUT, dans les licences de matériaux, dans les Masters pro et dans les écoles d'ingénieurs orientées BTP (UT, ESITC, ESTP, INSA, etc.).

Les formateurs et les stagiaires de la formation continue y trouveront l'essentiel de ce qu'il faut savoir.

Professeur des Universités, **Christian Lemaitre** enseigne à l'**Université de Technologie de Compiègne**. Son cours, destiné aux élèves ingénieurs en systèmes urbains porte sur les matériaux de construction. Il est notamment titulaire d'un doctorat traitant de la tenue à la corrosion des métaux, sujet sur lequel il délivre également un cours destiné aux élèves ingénieurs en mécanique.

Du même auteur
dans la même collection

**Mise en œuvre et
emploi des matériaux
de construction**



Code éditeur: G13392
ISBN: 978-2-212-13392-9

www.editions-eyrolles.com

Les propriétés physico-chimiques des matériaux de construction

Christian Lemaitre

Les propriétés physico-chimiques des matériaux de construction

Matière & matériaux | Propriétés rhéologiques & mécaniques |
Sécurité & réglementation | Comportement thermique,
hygroscopique, acoustique et optique

EYROLLES

A horizontal line with a small dark circle in the center, positioned below the publisher's name.

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Chez le même éditeur, en coédition avec Construire'Acier :

Marc Landowski & Bertrand Lemoine, *Concevoir et construire en acier*, 112 pages
(en couleurs), 2011

Collectif, *Lexique de la construction métallique*, 272 pages, 2012

**et des dizaines de livres de construction, de génie civil et d'architecture
dans le catalogue en ligne des éditions Eyrolles :
www.editions.eyrolles.com**

Sauf mentions contraires, les visuels sont de l'auteur.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2012, ISBN : 978-2-212-13392-9

Table des matières

CHAPITRE 1. Matière et matériaux	3
1.1 Introduction	3
1.2 Définitions	3
1.2.1 Éléments chimiques et atomes	4
1.2.2 Composés chimiques, corps simples et molécules	4
1.3 Les états de la matière	4
1.3.1 Les gaz	5
1.3.2 Les liquides	6
1.3.3 Les solides	7
1.3.3.1 <i>Solides non cristallins</i>	7
1.3.3.2 <i>Solides cristallins</i>	8
1.3.4 Vibrations de réseau	9
1.4 Changements d'état	10
1.4.1 Définitions	10
1.4.2 Diagramme d'état	10
1.5 Liaisons dans les solides	11
1.5.1 Les liaisons de valence	11
1.5.2 Les liaisons ioniques	12
1.5.3 Les liaisons métalliques	12
1.5.4 Les liaisons faibles	13
1.5.5 Mixité des liaisons	13
1.6 Liaisons et cohésion dans les cristaux	14
1.7 Caractéristiques des matériaux et courbe de cohésion	15
1.7.1 Dilatation thermique	15

1.7.2	Déformation élastique	15
1.7.2.1	Définitions	15
1.7.2.2	Énergie de liaison et élasticité	16
1.7.3	Déformation plastique	16
1.7.3.1	Cristal réel	17
1.7.3.2	Mécanisme de la déformation plastique	18
1.7.4	Rupture du matériau	19
1.8	Propriétés fonctionnelles des matériaux	19
1.9	Les classes de matériaux	20
1.9.1	Sols et pierres	20
1.9.2	Métaux et alliages	21
1.9.3	Céramiques	21
1.9.4	Verres	21
1.9.5	Polymères	21
1.9.6	Élastomères	22
1.9.7	Composites	22
1.10	Les matériaux de construction	22
1.10.1	Les sols	22
1.10.2	Les matériaux de structure	23
1.10.3	Les matériaux d'enveloppe	23
1.10.4	Les matériaux de second œuvre	23

CHAPITRE 2. Propriétés rhéologiques et mécaniques des matériaux

2.1	Introduction	25
2.2	Définitions et rappels	26
2.2.1	Rhéologie	26
2.2.2	Statique	27
2.2.2.1	Masse et poids	27
2.2.2.2	Moment d'une force	27
2.2.2.3	Principe d'action-réaction	27
2.2.2.4	Somme de forces	27
2.2.2.5	Équilibre	27
2.3	La courbe de traction	27
2.3.1	L'essai de traction	27
2.3.1.1	Domaine élastique	28
2.3.1.2	Domaine plastique	29
2.3.1.3	Rupture	29

2.3.2	Ductilité – fragilité	30
2.3.3	La striction	30
2.3.4	Le coefficient de Poisson	31
2.4	Autres déformations	31
2.4.1	Les essais de compression	31
2.4.2	Les essais de flexion	33
2.4.3	La torsion	33
2.4.4	Le tenseur des contraintes	34
2.5	Dureté et résilience	35
2.5.1	Essai de dureté	35
2.5.2	Essai de résilience	36
2.6	Notions de statique	37
2.6.1	Hypothèses de base	37
2.6.1.1	<i>Linéarisation</i>	37
2.6.1.2	<i>Superposition</i>	37
2.6.1.3	<i>Forces internes</i>	37
2.6.2	Les poutres	38
2.6.2.1	<i>Définitions</i>	38
2.6.2.2	<i>Appuis des poutres</i>	39
2.6.2.3	<i>Efforts dans les poutres</i>	40
2.6.2.4	<i>Conventions de signe</i>	41
2.6.3	Chargement des poutres	42
2.6.3.1	<i>Chargement réparti</i>	42
2.6.3.2	<i>Chargement ponctuel</i>	43
2.6.3.3	<i>Réactions aux appuis</i>	44
2.6.3.4	<i>Contraintes internes</i>	44
2.7	Déformation des poutres	45
2.7.1	Moment d'inertie	45
2.7.1.1	<i>Définitions</i>	45
2.7.1.2	<i>Moments principaux</i>	46
2.7.1.3	<i>Surfaces composées</i>	46
2.7.1.4	<i>Moments d'inertie de quelques sections usuelles</i>	47
2.7.2	Staticité des systèmes de poutres	47
2.7.3	Allongement élastique en traction (ou rétrécissement en compression)	48
2.7.4	Déformation en flexion	48
2.7.4.1	<i>Flexion pure</i>	48
2.7.4.2	<i>Flexion composée</i>	50
2.7.5	Flèche d'une poutre	50
2.8	Diagramme des moments fléchissants	50

CHAPITRE 3. Matériaux, sécurité et réglementation	55
3.1 Introduction	55
3.2 Stabilité des structures et règles de sécurité : principes	56
3.3 Les états limites et les Eurocodes	57
3.3.1 Bases du calcul.....	57
3.3.2 Description des Eurocodes	57
3.3.3 Les actions.....	57
3.3.4 Combinaisons d'actions.....	58
3.3.5 Sollicitations, contraintes, déformations	58
3.4 Inflammation et combustion des matériaux	59
3.4.1 Variation des propriétés des solides avec la température	59
3.4.2 Inflammabilité de la matière.....	61
3.4.3 Combustion	61
3.4.4 L'incendie.....	63
3.4.4.1 Paramètres de l'incendie	63
3.4.4.2 La propagation du feu	63
3.4.4.3 Les phases de l'incendie	64
3.5 Comportement au feu des matériaux	64
3.5.1 La réaction au feu des matériaux	65
3.5.2 La résistance au feu des éléments de structure	66
3.6 Règles de sécurité incendie pour les constructions	68
3.6.1 Prévention, prévision, intervention	68
3.6.2 Prévision : classement des bâtiments	68
3.6.2 Mesures de protection	70
3.6.2.1 Le bois	70
3.6.2.2 L'acier.....	71
3.6.2.3 Le béton	71
3.7 Matériaux et santé dans les constructions	72
3.7.1 Identifier et recenser les risques.....	73
3.7.1.1 Localisation	73
3.7.1.2 Conception du bâtiment et environnement intérieur.....	73
3.7.1.3 Usage du bâtiment et environnement intérieur.....	74
3.7.2 Pollution chimique de l'air intérieur	75
3.7.2.1 L'amiante et les isolants	75
3.7.2.2 Les composés organiques volatils (COV)	75
3.7.2.3 Le radon et la radioactivité	76
3.7.3 Pollution des eaux sanitaires	76
3.7.3.1 Le plomb	76
3.7.3.2 Les légionelles	77

CHAPITRE 4. Comportement thermique et hygroscopique des matériaux	79
4.1 Introduction	79
4.2 Modes de transmission de la chaleur	80
4.2.1 Généralités	80
4.2.2 Les trois modes de transfert thermique	80
4.2.2.1 La conduction	80
4.2.2.2 La convection dans les fluides	81
4.2.2.3 La radiation (ou le rayonnement)	81
4.3 Conduction thermique	82
4.3.1 Bases de thermique	82
4.3.2 Bilans énergétiques	83
4.3.3 Conduction d'une cloison séparative	84
4.4 Échanges superficiels	85
4.4.1 Convection à l'interface fluide-solide	85
4.4.2 Échanges par rayonnement à la surface d'un solide	86
4.4.3 Somme des échanges à travers une paroi	86
4.5 Les isolants thermiques	88
4.5.1 Principes de l'isolation	88
4.5.2 Les matériaux isolants	89
4.5.2.1 Les isolants végétaux	89
4.5.2.2 Les isolants minéraux	90
4.5.2.3 Les isolants synthétiques	90
4.6 Fonctionnement thermique des parois	90
4.6.1 Principe	90
4.6.2 Méthode de calcul	91
4.7 Température de l'air et humidité : la condensation	92
4.7.1 Pression de vapeur saturante	92
4.7.2 Diagramme de l'air humide	93
4.7.2.1 Rôle de l'humidité absolue	93
4.7.2.2 Établissement du diagramme psychrométrique de Mollier	95
4.8 Production d'humidité et renouvellement de l'air	96
4.8.1 Activité dans les locaux	96
4.8.2 Hygrométrie	96
4.9 Diffusion de la vapeur dans les solides	97
4.9.1 Mécanisme de la diffusion	97

4.9.2	Paramètres de la diffusion	97
4.9.2.1	<i>Perméabilité d'un matériau</i>	97
4.9.2.2	<i>Perméance d'une paroi</i>	98
4.9.2.3	<i>Résistance à la diffusion d'une paroi</i>	98
4.9.2.4	<i>Analogie des paramètres de température et de pression de vapeur d'eau</i>	98
4.9.3	Exemples de valeurs de perméabilité	98
4.10	Risques de condensation dans les parois	99
4.10.1	Description du problème.....	99
4.10.2	Mise en évidence des risques.....	99
4.10.3	Solutions possibles.....	100

CHAPITRE 5. Comportement acoustique et optique des matériaux 103

5.1	Introduction	103
5.2	Les ondes	103
5.2.1	Les ondes élastiques	104
5.2.2	Les ondes électromagnétiques	107
5.3	Acoustique et architecture	109
5.3.1	Onde acoustique et matériaux	109
5.3.1.1	<i>Vitesse de propagation</i>	109
5.3.1.2	<i>Réflexion et réfraction d'une onde aérienne par un solide</i>	110
5.3.1.3	<i>Transmission et atténuation du son</i>	111
5.3.2	Niveau sonore et puissance acoustique	111
5.3.3	Coefficient d'absorption d'un local	113
5.3.3.1	<i>Spectre d'absorption d'un matériau</i>	113
5.3.3.2	<i>Aire équivalente d'un local</i>	114
5.3.4	Temps de réverbération, aménagement des locaux	115
5.3.4.1	<i>Formule de Sabine</i>	115
5.3.4.2	<i>Correction acoustique</i>	115
5.3.5	Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi	116
5.3.5.1	<i>Définitions</i>	116
5.3.5.2	<i>Bruits standardisés</i>	116
5.3.5.3	<i>Loi de masse (parois simples)</i>	117
5.3.5.4	<i>Performances de parois composées</i>	117
5.3.6	Isolement acoustique d'un local par une paroi	118
5.3.7	Réglementation acoustique des bâtiments (NRA)	119

5.4 Lumière et matériaux	120
5.4.1 Onde optique et matériaux	120
5.4.1.1 <i>Vitesse de la lumière dans les matériaux</i>	120
5.4.1.2 <i>Transparence, opacité et couleur</i>	120
5.4.2 Réflexion et réfraction de la lumière naturelle	121
5.4.2.1 <i>Loi de Snell-Descartes</i>	121
5.4.2.2 <i>Réflexion et éclat</i>	122
5.4.3 Transmission et atténuation de la lumière naturelle	123
5.4.4 Facteurs énergétiques et optiques d'un élément	124
5.4.4.1 <i>Facteur solaire (FS)</i>	124
5.4.4.2 <i>Coefficient de transmission lumineuse (TL)</i>	125
5.4.4.3 <i>Le coefficient de réflexion lumineuse (RL)</i>	125
 Bibliographie	 127
 Index	 129

