

Symboles, grandeurs et unités importants

Symboles, grandeurs et unités importants							
Symbole grandeur	Grandeur	Unité	Symbole d'unité	Symbole grandeur	Grandeur	Unité	Symbole d'unité
Electricité et magnétisme				Longueur et ses puissances			
Q	Charge électrique, Quantité d'électricité	Coulomb	1 C = 1 As	l	Longueur, distance	Mètre	m
e	Charge élémentaire			d, δ	Epaisseur, couche		
I	Courant électrique	Ampère	A	r, R	Rayon		
I_R	Courant actif			d, D	Diamètre		
I_{XL}	Courant réactif inductif			s	Longueur chemin, courbe		
I_{XC}	Courant réactif capacitif			A, S	Surface	Mètre au carré	m ²
i	Valeur instantanée			S, q	Section		
\hat{i}	Amplitude, valeur crête			α, β, γ	Angle plat	Degré	°
\hat{i}_{\downarrow}	Valeur crête à crête			φ, α	Angle circulaire	Radian, Degré	rad, °(Grad)
J	Densité de courant	Ampère / m ²	$\frac{A}{m^2}$	Espace et temps			
U	Tension électrique	Volt	V	t	Temps	Seconde	s
U_R	Tension active			Δt	Durée		
U_{XL}	Tension réactive induct.			T	Période		
U_{XC}	Tension réactive capac.			τ, T	Constante de temps		
u	Valeur instantanée			f	Fréquence	Hertz	Hz = 1 / s
\hat{u}	Amplitude, valeur crête			ω	Pulsation	par seconde	1/s
\hat{u}_{\downarrow}	Valeur crête à crête				Vitesse angulaire	Radian / sec.	rad / s
R	Résistance	Ohm	Ω	n, f_r	Vitesse de rotation	par seconde	$\frac{1}{s}$
G	Conductance	Siemens	$1 S = 1 \frac{1}{\Omega}$	λ	Longueur d'onde	Mètre	m
B	Susceptance			$v, u,$	Vitesse	Mètre / seconde	$\frac{m}{s}$
Y	Admittance			w, c			
ρ	Résistivité	Ohm · m	$\Omega \cdot m$	a	Accélération, Décélération	Meter / sec. au carré	$\frac{m}{s^2}$
γ, σ, χ	Conduction	Siemens / m	$\frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega \cdot m}$	Mécanique			
X	Réactance	Ohm	Ω	m	Masse, poids	Kilogramme	kg
X_L	Réactance inductive			F	Force	Newton	N
X_C	Réactance capacitive			M	Moment, Couple	Newton- mètre	Nm
Z	Impédance	Ohm	Ω	W, A, E	Travail, énergie	Joule	J
W	Travail, énergie	Joule	1 J = 1 Ws	P	Puissance	Watt	W
P	Puissance active	Watt	W	η	Rendement	-	1
S	Puissance apparente	Volt · Ampère	VA	ζ	Efficacité,		
Q_L	Puissance réac. induc.	Volt Ampère réactif, Watt	var, W	Chaleur et transmission de chaleur			
Q_C	Puissance réac. capac.			T, Θ	Température thermodynamique	Kelvin	K
E	Champ électrique	Volt / m	V / m	$\Delta T, \Delta t,$	Différence de températ.		
C	Capacité	Farad	1 F = 1 As / V	$\Delta \vartheta$			
ϵ	Permittivité	Farad / m	F/m	t, ϑ	Température	Degrés Celsius	°C
ϵ_0	Constante champ élec.			Q	Quantité de chaleur	Joule	J
ϵ_r	Permittivité relative,	-	1	C_{th}	Capacité thermique	Joule / Kelvin	$\frac{J}{K}$
φ	Angle de déphasage	Degré, Radian	° rad	c	Capacité thermique massique	Joule / kg et Kelvin	$\frac{J}{kg \cdot K}$
N	Nombre de spires	-	1	Lumière et rayonnement électromagnétique			
Θ	Excitation	Ampère	A	I_v	Intensité lumineuse	Candela	cd
H	Intensité du champ mag.	Ampère / m	A / m	Φ_v	Flux lumineux	Lumen	1 lm = 1 cd · sr
Φ	Flux magnétique	Weber	1 Wb = 1 Vs	E_v	Eclairement	Lux	1 lx = 1 lm / m ²
B	Densité de flux magnét.	Tesla	1 T = 1 Vs / m ²	L_v	Luminance	Candela / m ²	cd / m ²
L	Inductance	Henry	1 H = 1 Vs / A	η	Efficacité lumineuse	Lumen / Watt	lm / W
μ	Perméabilité	Henry / m	$1 \frac{H}{m} = 1 \frac{Vs}{Am}$				
μ_0	Constant de champ mag.	-	1				
μ_r	Perméabilité relative	-	1				



SÉRIE DE PUBLICATIONS SPÉCIALISÉES
de la maison d'édition Europa-Lehrmittel

Electrotechnique pour professionnels

1^e édition française

Edité par des enseignants d'écoles professionnelles, des ingénieurs
et des maîtres (voir au verso)

Editeur de matériel pédagogique :
VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten, Allemagne

N° de la maison d'édition : 38586

Titre original : Fachkunde Elektrotechnik, 31^e édition 2018, 2^e quota d'impression :

Auteurs et auteurs du titre original Fachkunde Elektrotechnik :

Bumiller, Horst	Freudenstadt
Burgmaier, Monika	Durbach
Eichler, Walter	Kaiserslautern
Feustel, Bernd	Kirchheim-Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Klee, Werner	Mehlingen
Manderla, Jürgen	Berlin
Reichmann, Olaf	Altlandsberg
Schwarz, Jürgen	Tettngang
Tkotz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

Rédaction et gestion du groupe de travail : Klaus Tkotz

Conceptions d'images : les auteurs

Photos : auteures, auteurs et entreprises (répertoire des entreprises page 645)

- Windows est une marque déposée de Microsoft Corporation
- INTEL est une marque déposée d'INTEL Corporation.
- Linux est une marque déposée de Linus Torvalds.
- Photographies de produits Microsoft reproduites avec l'autorisation de Microsoft Corporation.
- Tous les autres produits, marques, polices, noms de société et logos sont la propriété ou des marques déposées de leurs propriétaires respectifs.

Traitement des images :

Bureau de dessin de la maison d'édition Europa-Lehrmittel GmbH & Co., Ostfildern, Allemagne

Dans ce livre, vous trouverez des références/liens vers des sites Internet. Les opérateurs de ces sites sont seuls responsables de leur contenu, c'est pourquoi toute responsabilité est exclue. Si vous rencontrez des contenus illégaux ou choquants sur les pages Internet indiquées, nous vous demandons de nous en informer à l'adresse info@europa-lehrmittel.de afin que nous puissions supprimer le lien correspondant lors de la réimpression de ce livre.

La traduction de cet ouvrage a été réalisée en collaboration avec la CRODES (Conférence Romande des Ecoles Supérieures), la FET (Fédération des écoles techniques) et avec le soutien financier de la Confédération suisse. Remerciements particuliers à Paul-André Hartmann pour son travail dans la réalisation de cet ouvrage. Merci pour la relecture à Fabrice Cudre-Mauroux, Jean-Luc Schenker, Corinne Remy et Dorothee Kremer.

Gestion de projet et relecture : Simone Bán, Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, Allemagne

1^e édition française 2023

Impression 5 4 3 2 1

Tous les tirages d'une même édition peuvent être utilisés en parallèle, car ils sont inchangés les uns par rapport aux autres, à l'exception de la correction des erreurs d'impression.

ISBN 978-3-8085-3858-6

Tous droits réservés. L'œuvre est protégée par le droit d'auteur. Toute utilisation en dehors des cas légalement réglementés doit être approuvée par écrit par l'éditeur.

© 2023 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Allemagne
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Traduction française : Roland Cotting et Yves Dafflon, Ecole des Métiers de Fribourg, Suisse

Composition : Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erfstadt, Allemagne

Couverture : braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald, Allemagne

Photos de couverture : Prise de courant : © emmi – Fotolia.com ; Globe : © erdquadrat – Fotolia.com ; Figure : Klaus Tkotz ; Petite unité de contrôle LOGO ! : Siemens AG

Idée de couverture : Klaus Tkotz

Impression : ITC Print, 1035 Riga, Latvia

N° de chapitre et symboles

● **Général**

Avant-propos	4
Table des matières (détaillée)	5–10
Apprendre la prise de notes et la gestion des projets	11–14
Glossaire : Français – Allemand – Anglais	662–668

● **Electrotechnique**

Table des matières (succinte)

1 Sécurité au travail et protection de la santé	15
2 Notions de base de l'électrotechnique	21
3 Circuits de base de l'électrotechnique	49
4 Champ électrique	71
5 Champ magnétique	82
6 Technique de commande	101
7 Courant alternatif	126
8 Technique de mesure	168
9 Electronique	193
10 Production, installation et consommation	275
11 Mesures de protection	342
12 Systèmes techniques du bâtiment	380
13 Machines électriques	459
14 Technique de l'information	521
15 Technique d'automatisation	545
16 Matériaux, fabrication, environnement, économie	596

● **Profession / entreprise** 617

● **Pages d'information**

• Symboles électriques	646
• Marques de conformité, symboles et logos importants	653
• Marquage des résistances et des condensateurs	654
• Caractéristiques de déclenchement	655
• Câbles et conducteurs isolés (installation, section)	656
• Capacité de transport du courant, facteurs de conversion	657
• Moteurs triphasés (données de fonctionnement)	658
• Diodes, Transistors, Thyristors, Triac (caractéristiques)	659
• Glossaire : Français – Allemand – Anglais	662

● **Conseils pratiques (sélection)**

• Mesure efficace de la valeur non sinusoïdale	179
• Mesurer avec un oscilloscope	184
• Installation d'un convertisseur de fréquence	271
• Conception/dimensionnement d'un système photovoltaïque	283
• Codage couleur des conducteurs	309
• Pose des câbles	312
• Exemple de calcul de ligne	326
• Test des systèmes électriques	375
• Câblage multimédia, maison connectée	428, 442
• Connexion d'un moteur triphasé, sélection	491, 492
• Sélection d'une carte mère pour PC	529
• Réalisation d'une connexion WLAN	542
• Création d'une entreprise	642

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	

Chère lectrice, Cher lecteur,

Les présentes connaissances de l'ouvrage allemand **Fachkunde Elektrotechnik** sont utilisées pour la formation et le perfectionnement dans le domaine professionnel de l'électrotechnique. Ce livre technique est destiné à tous ceux qui travaillent dans ce domaine.

Structure du cours d'électrotechnique

- Le livre est structuré de manière systématique et favorise l'apprentissage autonome.
- Vous y trouverez des explications et des représentations uniformes des lois et formules importantes de l'électrotechnique.
- Les pages de révision consolident et approfondissent vos connaissances acquises. Un livre de solutions supplémentaire (en allemand) vous aide à travailler sur les tâches de répétition. Les résultats des exercices de calcul se trouvent à la **page 644**.
- Des pages de conseils pratiques vous assistent dans votre activité professionnelle.
- Une section d'information à la fin du livre soutient votre formation pratique et axée sur les compétences.
- Digital+ (en allemand) comprend un code d'activation pour la bibliothèque virtuelle EUROPATHEK avec des images, des tableaux et des pages d'information ainsi que des programmes et des modes d'emploi utiles.

Aides à la connaissance technique de l'électrotechnique (en allemand)

Pour approfondir et compléter vos connaissances techniques, il existe d'autres aides sous forme de littérature technique complémentaire.

Le cours d'électrotechnique en un coup d'œil

Quoi de neuf ?

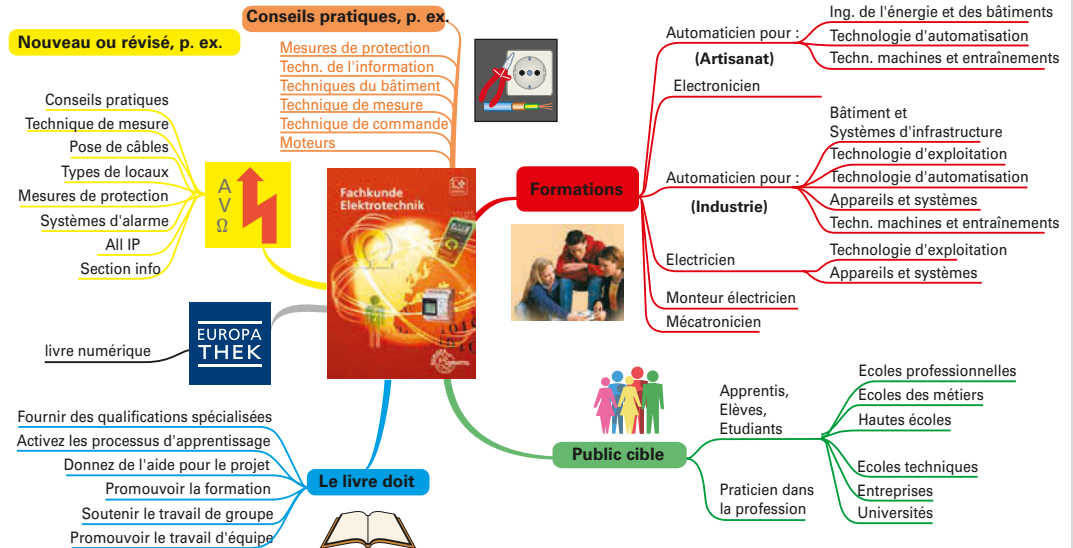
Des animations (en langue allemande) sur des sujets sélectionnés, p. ex. le diviseur de tension (page 55), peuvent être achetées. Ils sont marqués sur la page correspondante du livre par un code et le symbole « SimElektro » :



www.europa-lehrmittel.de/simelektro

Littérature tech. supplémentaire (en allemand)

- ▶ Fiches de travail sur l'électrotechnique
- ▶ Connaissances professionnelles en électrotechnique
- ▶ Exercices et solutions
- ▶ Cahier d'exercices d'électrotechnique
- ▶ Champs d'apprentissage 1-4 et 5-13
- ▶ Livre de calcul d'électrotechnique
- ▶ Formules pour électrotechniciens
- ▶ Pratique de l'électrotechnique
- ▶ Tableaux d'électrotechnique
- ▶ Communication technique
- ▶ Électrotechnique
- ▶ Préparation à l'examen actuel
- ▶ électronicien en technique de l'énergie et du bâtiment












Que pouvons-nous faire encore mieux **pour vous** ? Ecrivez-nous à l'adresse suivante :

lektorat@europa-lehrmittel.de

L'équipe d'auteurs et la maison d'édition Europa-Lehrmittel espèrent que ce livre vous donnera des idées intéressantes et une aide précieuse pour votre formation et vos activités professionnelles.

Hiver 2018 (date de publication de la 31^e édition allemande)

1	 Sécurité au travail et protection de la santé 15		
1.1	Sécurité et protection de la santé sur le lieu de travail 15		3.5.2 Piles (éléments primaires) 65
1.2	Loi sur la sécurité des produits 15		3.5.3 Accumulateurs (éléments secondaires) 67
1.3	Ordonnance sur les produits dangereux 16		Répéter - Appliquer - Approfondir : circuits de base 70
1.4	Signalétique de sécurité 17		
1.5	Premiers secours 18		
	Conseil pratique : évaluation des risques 19		
	Répéter - Appliquer - Approfondir : sécurité au travail 20		
2	 Notions de base de l'électrotechnique ... 21		
2.1	Utilisation des grandeurs physiques 21		
	Masse et force 21		
	Travail mécanique 22		
	Energie 22		
	Puissance mécanique 22		
2.2	Genres de circuits électriques 23		
	Circuit électrique à courant continu 24		
	Symboles pour schémas électriques 25		
2.3	Charge électrique (quantité d'électricité) 26		
	Les atomes selon le modèle atomique de Bohr 27		
2.4	Tension électrique 28		
2.4.1	Production de tension 28		
2.4.2	Tension au consommateur 28		
2.4.3	Potentiel 28		
2.4.4	Diverses façons de produire de la tension 29		
2.4.5	Mesure de tensions électriques 30		
2.5	Courant électrique 31		
2.5.1	Courant dans les métaux 32		
2.5.2	Mesure de l'intensité du courant 32		
2.5.3	Effets du courant électrique 33		
2.5.4	Types de courant 34		
2.5.5	Densité de courant 35		
2.6	Conductance et résistance électrique 36		
2.7	Loi d'Ohm 37		
2.8	Résistance des conducteurs 38		
2.9	Température et résistance 39		
2.10	Technologie des résistances 40		
2.11	Travail et énergie électrique 42		
2.11.1	Récupération d'énergie électrique 42		
2.11.2	Travail électrique 43		
2.12	Puissance électrique 44		
2.13	Rendement 46		
2.14	Chaleur électrique 47		
	Répéter - Appliquer - Approfondir : concepts de base du génie électrique 48		
3	 Circuits de base de l'électrotechnique 49		
3.1	Circuit série 49		
3.1.1	Lois du circuit série 49		
3.1.2	Résistance additionnelle 51		
3.1.3	Chute de tension en ligne 52		
3.2	Circuit parallèle 53		
3.3	Circuit mixte 55		
3.3.1	Diviseur de tension 55		
3.3.2	Circuit en pont 57		
3.3.2.1	Circuit en pont équilibré 57		
3.3.2.2	Circuit en pont non équilibré 58		
3.3.3	Déterminer la résistance par la mesure de tension et de courant 59		
3.4	Source de tension 60		
3.4.1	Charge et source de tension 60		
3.4.2	Schéma équivalent d'une source de tension 61		
3.4.3	Adaptation 61		
3.4.4	Branchement de sources de tension 63		
3.5	Éléments galvaniques 64		
3.5.1	Transformation d'énergie chimique en énergie électrique 64		
4	 Champ électrique 71		
4.1	Propriétés du champ électrique 71		
4.2	Connaissances de base 72		
4.2.1	Intensité du champ électrique 72		
4.2.2	Influence électrique et polarisation 72		
4.2.3	Champs électriques dans la pratique 73		
4.3	Condensateur en courant continu 74		
4.3.1	Comportement d'un condensateur 74		
4.3.2	Capacité d'un condensateur 74		
4.3.3	Charge et décharge d'un condensateur 76		
4.3.4	Energie du condensateur chargé 77		
4.4	Branchements de condensateurs 78		
4.4.1	Branchement parallèle 78		
4.4.2	Branchement série 78		
4.5	Valeurs nominales et types de construction des condensateurs 79		
4.5.1	Valeurs nominales 79		
4.5.2	Types de construction 79		
	Répéter - Appliquer - Approfondir : champ électrique 81		
5	 Champ magnétique 82		
5.1	Propriétés et représentations des aimants ... 82		
5.2	Electromagnétisme 84		
5.2.1	Courant dans un conducteur et champ magnétique 84		
5.2.2	Courant dans une bobine et champ magnétique 85		
5.3	Grandeurs magnétiques 86		
5.3.1	Flux magnétique Φ 86		
5.3.2	Excitation électrique Θ 86		
5.3.3	Intensité du champ magnétique H 87		
5.3.4	Densité du flux magnétique B 87		
5.4	Fer dans le champ magnétique d'une bobine 88		
5.5	Courant et champ magnétique 91		
5.5.1	Conducteur de courant dans un champ magnétique 91		
5.5.2	Bobine et courant dans un champ magnétique 93		
5.5.3	Conducteurs de courant parallèles 93		
5.6	Génération de tension par induction 94		
5.6.1	Principe du générateur (induct. par mouvement) 94		
5.6.2	Loi de Lenz 95		
5.6.3	Principe du transformateur (induct. électromagn.) 96		
5.6.4	Auto-induction (self-induction) 98		
5.6.5	Courants de Foucault 99		
	Répéter - Appliquer - Approfondir : champ magnétique 100		
6	 Technique de commande 101		
6.1	Documents techniques 101		
	Conseil pratique : installation d'un circuit alternatif avec prise de courant 103		
6.2	Circuits d'installation 104		
6.2.1	Circuits d'éclairage 104		
6.2.2	Circuit de lampes témoins 106		
6.2.3	Télerupteur 107		
6.2.4	Détecteur de mouvement à infrarouge 107		
6.2.5	Minuterie d'escaliers 108		
6.2.6	Sonnerie domestique 108		
6.2.7	Interphones domestiques 109		
6.3	Interrupteurs électromagnétiques 111		
6.3.1	Relais 112		
6.3.2	Contacteurs 114		
6.3.3	Circuits à contacteurs 115		
6.3.3.1	Application des circuits à contacteurs 116		
6.4	Schémas de borniers 121		

6.5	Équipement électrique des machines	122	7.10.2	Dimensionnement des condensateurs de compensation	165
	Conseil pratique : exigences relatives aux circuits de commande	124	7.10.3	Circuits bloquants pour fréquence de télécommande	165
	Répéter - Appliquer - Approfondir : technologie des circuits	125	7.10.4	Compensation pour courant non sinusoïdal Répéter - Appliquer - Approfondir : technologie du courant alternatif	166 167
7	 Courant alternatif	126	8	 Technique de mesure	168
7.1	Grandeurs spécifiques au courant alternatif .	126	8.1	Instrument de mesures électriques	168
7.1.1	Période et valeur crête	126	8.1.1	Bases de la technique de mesure	168
7.1.2	Fréquence et période	126	8.1.2	Types d'affichage des instruments de mesure	169
7.1.3	Fréquence et longueur d'onde	127	8.1.3	Instruments de mesure analogiques	169
7.2	Grandeurs sinusoïdales	128	8.1.3.1	Erreurs de mesures pour les instruments analogiques	170
7.2.1	Représentation vectorielle des grandeurs sinusoïdales	128	8.1.3.2	Dispositifs de mesure	171
7.2.2	Pulsation	129	8.1.4	Instruments numériques	172
7.2.3	Génération de tensions sinusoïdales	129	8.1.5	Compteurs électriques	174
7.2.4	Valeur crête et valeur efficace en régime sinusoïdale	130	8.1.5.1	Compteurs à induction	174
7.2.5	Tracé temporel des valeurs alternatives	131	8.1.5.2	Compteurs électronique	175
7.2.6	Tensions et courants non-sinusoïdaux	132	8.2	Pratiques de mesures	176
7.2.7	Déphasage	133	8.2.1	Mesures de puissance	176
7.2.8	Résistance	133	8.2.2	Mesures de résistance	176
7.2.9	Impédance	133	8.2.3	Mesures avec pince ampèremétrique	177
7.3	Bobine en courant alternatif	134	8.2.4	Catégories de mesure	177
7.3.1	Réactance d'induction	134		Conseil pratique : mesure avec le multimètre numérique	178
7.3.2	Branchement en série d'une résistance et d'une réactance d'induction	135		Conseil pratique : mesure efficace de la valeur non sinusoïdale	179
7.3.3	Triangle des tension	136	8.3	Oscilloscope	180
7.3.4	Triangle des résistances	137	8.3.1	Oscilloscope analogique	180
7.3.5	Angle de perte, facteur de perte et facteur de qualité d'une bobine	137	8.3.1.1	Structure d'un oscilloscope analogique	180
7.3.6	Circuit en parallèle d'une résistance et d'une réactance d'induction	138	8.3.1.2	Oscilloscope à deux canaux	182
7.3.7	Triangle des courants et des conductances	138	8.3.1.3	Mesures à l'aide d'un oscilloscope	182
7.4	Puissances dans un circuit à courant alternatif	139	8.3.2	Oscilloscope à mémoire numérique	183
7.4.1	Puissance active	139		Conseil pratique : mesurer avec un oscilloscope	184
7.4.2	Puissance réactive	139	8.4	Mesures de valeurs non électriques à l'aide de capteurs	185
7.4.3	Puissance apparente	140	8.4.1	Capteurs actifs et passifs	185
7.4.4	Relation entre puissances apparente, active et réactive	141	8.4.2	Applications des capteurs	186
7.4.5	Facteur de puissance active et réactive	142	8.4.2.1	Capteurs de position et d'angle	186
7.4.6	Puissance perdue dans les bobines réelles	142	8.4.2.2	Capteurs de mesure de dilatation, de force, de pression et de couple	188
7.5	Condensateur dans un circuit alternatif	143	8.4.2.3	Sondes de température	189
7.5.1	Réactance capacitive	143	8.4.3	Détecteurs de proximité	190
7.5.2	Circuit en série d'une résistance et d'une réactance de capacité	144	8.4.3.1	Détecteurs de proximité optiques	190
7.5.3	Circuit parallèle d'une résistance et d'une réactance de capacité	145	8.4.3.2	Détecteurs de proximité inductifs	190
7.5.4	Angle de perte et facteur de qualité du condensateur	146	8.4.3.3	Détecteurs de proximité capacitifs	191
7.6	Circuit bobine, condensateur et résistance	147	8.4.3.4	Raccordements des détecteurs de proximité	191
7.6.1	Circuit série de résistance, réactance inductive et réactance capacitive	147		Répéter - Appliquer - Approfondir : technique de mesure	192
7.6.2	Circuit parallèle de résistance, réactance inductive et réactance capacitive	148	9	 Électronique	193
7.7	Circuits oscillants	149	9.1	Semi-conducteurs	193
7.7.1	Résonance	150	9.2	Résistances semi-conductrices	195
7.7.2	Circuit oscillant série	150	9.2.1	Résistances dépendant de la tension (varistances)	195
7.7.3	Circuit oscillant parallèle	151	9.2.2	Thermistances (NTC)	196
7.8	Circuits filtrants	153	9.2.3	Thermistances (PTC)	197
7.8.1	Passe-bas RL	153	9.2.4	Magnétorésistances (MDR)	199
7.8.2	Passe-haut RL	153	9.3	Sondes à effet Hall	199
7.8.3	Passe-bas RC	154	9.4	Diodes	200
7.8.4	Passe-haut RC	154	9.4.1	Principe de fonctionnement	200
7.9	Courant alternatif triphasé	155	9.4.2	Diodes de puissance	200
7.9.1	Production du courant triphasé	155	9.4.3	Diodes Z	201
7.9.2	Couplage	155	9.4.4	Codage des semi-conducteurs	202
7.9.3	Couplage étoile (symbole : Y)	157	9.4.5	Refroidissement des composants semi-conducteurs	203
7.9.4	Couplage triangle (symbole : Δ)	159	9.5	Transistors	204
7.9.5	Conducteur défaillant dans un système triphasé	160	9.5.1	Transistors bipolaires	204
7.9.6	Puissance en triphasé	161	9.5.1.1	Transistors dans la pratique	206
7.9.7	Mesure de puissance dans un système triphasé	162	9.5.1.2	Réglage du point de fonctionnement	207
7.10	Compensation	163	9.5.1.3	Stabilisation du point de fonctionnement	208
7.10.1	Genres de compensations	164	9.5.1.4	Transistor en tout ou rien (TOR)	209
			9.5.1.5	Bacules (multivibrateurs)	211

9.5.1.6	Amplificateurs	213
9.5.2	Transistors à effet de champ (FET)	215
9.6	Optoélectronique	218
9.6.1	Émetteurs optoélectroniques	218
9.6.2	Récepteurs optiques (détecteurs)	220
9.6.3	Afficheurs à cristaux liquides (LCD)	222
9.6.4	Optocoupleur (photocoupleur)	222
9.7	Amplificateur opérationnel	223
9.7.1	Notions de base	223
9.7.2	Circuits analogiques à amplificateurs opérationnels	225
9.7.3	Circuits numériques avec amplificateurs opérationnels	227
9.8	Technique numérique	229
9.8.1	Types de signaux en technique numérique et de commande	229
9.8.2	Fonctions logiques	229
9.8.2.1	Fonction ET	229
9.8.2.2	Fonction OU	230
9.8.2.3	Fonction NON	230
9.8.3	Fonctions logiques avec entrée ou sortie inversée	231
9.8.3.1	Fonctions à sorties inversées	231
9.8.3.2	Fonctions à entrées inversées	231
9.8.3.3	Branchement des entrées de fonctions logiques	232
9.8.3.4	Application des fonctions logiques	232
9.8.4	Familles de circuits intégrés logiques	233
9.8.4.1	Circuits TTL	233
9.8.4.2	Circuits CMOS	233
9.8.5	Algèbre logique ou de Boole	234
9.8.6	Fonction d'antivalence et d'équivalence	235
9.8.7	Multivibrateurs	236
9.8.7.1	Bascules et bistables	236
9.8.7.2	Bascule JK maître-esclave	237
9.8.7.3	Circuits avec bascules	238
9.8.8	Convertisseurs analogique-numérique (AD convertir)	239
9.8.9	Convertisseurs numérique-analogique (DA convertir)	241
9.9	Électronique de puissance	242
9.9.1	Composants de l'électronique de puissance	242
9.9.1.1	Thyristor	242
9.9.1.2	Thyristor GTO	245
9.9.1.3	Triac	245
9.9.1.4	Diac	246
9.9.1.5	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	247
9.9.2	Notions d'électronique de puissance	248
9.9.3	Circuits redresseurs	249
9.9.3.1	Redresseurs non commandés	249
9.9.3.2	Redresseurs commandés	254
9.9.4	Fonctionnement d'un convertisseur de courant en onduleur	257
9.9.5	Convertisseurs de fréquence	258
9.9.5.1	Circuit de commutation ACW1C	258
9.9.5.2	Commande à train d'ondes	259
9.9.6	Convertisseur DC	260
9.9.6.1	Hacheur DC	260
9.9.6.2	Convertisseurs à récupération d'énergie	261
9.9.6.3	Modes de régulation pour convertisseurs DC	261
9.9.7	Onduleurs auto-commandés	262
9.9.8	Systèmes d'alimentation sans coupure (UPS)	263
9.9.9	Convertisseurs pour entraînements électriques	264
9.9.9.1	Mode de fonctionnement des entraînements électriques	264
9.9.9.2	Moteur à courant continu et convertisseur à thyristor	265
9.9.9.3	Moteur DC et circuit en pont à six impulsions B6C	266
9.9.9.4	Moteur DC en fonctionnement à quatre quadrants (4Q)	266
9.9.9.5	Régulation de vitesse avec convertisseur DC à transistors	267
9.9.9.6	Convertisseurs de fréquence	268
9.9.9.7	Moteur asynchrone triphasé et convertisseur de fréquence	269
9.9.9.8	Choix d'un entraînement triphasé avec convertisseur de fréquence	270
	Conseil pratique : convertisseur de fréquence	271

9.9.10	Blocs d'alimentation	272
9.9.10.1	Alimentations régulées	272
9.9.10.2	Régulateur linéaire de tension	273
9.9.10.3	Alimentations à découpage	273
	Répéter - Appliquer - Approfondir : électronique	274

10**Production, installation et consommation 275**

10.1	Production et distribution d'énergie	275
10.1.1	Centrales électriques	275
10.1.1.1	Centrales thermiques	276
10.1.1.2	Protection de l'environnement dans les centrales thermiques	277
10.1.1.3	Centrale thermique en montage-bloc (CTMB)	278
10.1.1.4	Centrales hydroélectriques	279
10.1.1.5	Energies renouvelables	280
	Conseil pratique : conception et dimensionnement d'un système photovoltaïque	283
10.1.2	Gestion de l'énergie dans les réseaux intelligents (Smart Grid)	285
10.1.2.1	Smart Grid dans les bâtiments	286
10.1.2.2	Système de stockage d'énergie	286
10.1.3	Sous-stations	287
10.1.3.1	Niveaux de tension	287
10.1.3.2	Postes de transformation	287
10.1.3.3	Dispositifs de commutation et de sectionnement à haute tension	288
10.1.4	Réseaux de transport et de distribution	290
10.1.4.1	Réseaux à très haute tension	290
10.1.4.2	Types de réseaux	291
10.1.5	Systèmes basse tension	292
10.1.5.1	Structure du réseau	292
10.1.5.2	Introduction des bâtiments	293
10.1.5.3	Systèmes de mise à la terre	295
10.1.5.4	Conducteur d'équipotentialité de protection et barre principale de terre	296
10.1.5.5	Systèmes d'alimentation électrique principale	297
	Conseil pratique : armoire à compteurs	299
	Conseil pratique : systèmes électriques des résidences	302
10.1.6	Compatibilité électromagnétique et système TN	303
10.2	Lignes isolées, câbles et lignes aériennes	306
10.2.1	Câbles isolés	306
	Conseil pratique : codage couleur des conducteurs	309
10.2.2	Câbles pour installations moyenne et basse tension	310
10.2.3	Lignes aériennes pour installation haute et moyenne tension	310
10.2.4	Câbles de données	311
	Conseil pratique : pose de câbles	312
10.3	Protection des câbles électriques et des consommateurs	314
10.4	Disjoncteur	317
10.4.1	Déclencheur thermique	317
10.4.2	Déclencheur électromagnétique	317
10.4.3	Disjoncteur de ligne	318
10.4.4	Disjoncteur principal sélectif	318
10.4.5	Disjoncteur de protection incendie (AFDD)	319
10.4.6	Disjoncteurs de puissance	320
10.4.7	Dispositifs de protection du moteur	320
10.5	Dimensionnement des canalisations fixes	323
10.5.1	Chute de tension sur les câbles	324
10.5.2	Disposition des systèmes de protection contre les surintensités	325
	Conseil pratique : exemple de calcul de ligne	326
	Conseil pratique : déterminer la section du conducteur pour les courants harmoniques	327

10.6	Locaux et installations d'un type particulier	329	11.12.5	Mesure de la résistance d'isolation des sols et murs isolants	369
10.6.1	Installation électrique dans les salles d'eau	329	11.12.6	Test de la mesure de protection : coupure automatique de l'alimentation électrique dans les systèmes TN, TT et IT	370
10.6.2	Installations de sauna	331	11.12.6.1	Contrôle du système TN	370
10.6.3	Installations de chantier	331	11.12.6.2	Contrôle du système TT	371
10.6.4	Exploitations agricoles et horticoles	332	11.12.6.3	Mesure de la résistance de terre	371
10.6.5	Locaux à risque d'incendie	333	11.12.6.4	Contrôle du système IT	372
10.6.6	Zones à risque d'explosion	335	11.12.6.5	Contrôle du dispositif de protection contre les courants résiduels	372
10.6.7	Zones à usage médical	336	11.12.6.6	Sens du champ tournant	372
10.6.8	Alimentations pour véhicules électriques	337	11.12.7	Contrôles périodiques d'installations électriques et d'équipements fixes	373
10.6.8.1	Stations de recharge	337		Conseil pratique : test des systèmes électriques	375
10.6.8.2	Connecteurs et modes de charge	338	11.13	Protection contre les charges électrostatiques	378
10.6.8.3	Instructions de montage	338		Répéter - Appliquer - Approfondir :	
10.6.9	Aperçu des locaux et installations d'un type particulier	339		mesures de protection	379
10.7	Lutte contre l'incendie dans les installations électriques	340	12	🏠 Systèmes techniques du bâtiment	380
10.7.1	Comportement en cas d'incendie dans les installations électriques	340	12.1	Systèmes d'éclairage	380
10.7.2	Agents extincteurs	340	12.1.1	Spectre de couleurs et rendu des couleurs	381
	Répéter - Appliquer - Approfondir :		12.1.2	Grandeurs d'éclairage	382
	systèmes électriques	341	12.1.3	Critères pour un bon éclairage	384
11	⚠️ Mesures de protection	342	12.1.4	Exigences en matière d'efficacité énergétique	385
11.1	Dangers liés à la manipulation du courant électrique	342	12.1.5	Aperçu des lampes	386
11.1.1	Effets du courant électrique dans le corps humain	342	12.1.6	Lampes halogènes	387
11.1.2	Contact direct et indirect	344	12.1.7	Lampes fluorescentes	389
11.1.3	Termes techniques, mesures de protection	344	12.1.8	Ballasts pour lampes fluorescentes	390
11.2	Consignes de sécurité pour les installations basse tension	345	12.1.9	Lampes à induction	391
11.2.1	Classes de protection	345	12.1.10	Lampes à vapeur de sodium basse pression	391
11.2.2	Indices de protection IP	346	12.1.11	Lampes LED	391
11.2.3	Mesures à prendre en cas de travaux sur des installations électriques	347		Conseil pratique : remplacer l'éclairage halogène par un éclairage LED	392
11.2.4	Qualifications pour travailler dans le domaine de l'électrotechnique	348		Conseil pratique : déterminer le nombre de lampes	393
11.2.5	Types de défauts dans les systèmes électriques	349	12.1.12	Logiciel de calcul de l'éclairage	394
11.2.6	Tensions de défaut	349	12.1.13	Répartition de l'intensité lumineuse des luminaires	394
11.3	Systèmes réseaux	350			394
11.4	Protection contre les chocs électriques	351	12.1.14	Systèmes de gestion d'éclairage	395
11.5	Arrêt automatique de l'alimentation électrique	352	12.2	Appareils électriques	396
11.5.1	Exigences relatives à la protection de base (contact direct)	352	12.2.1	Généralités sur les appareils électriques	396
11.5.2	Exigences relatives à la protection contre les défauts (contact indirect)	353	12.2.2	Chauffe-eaux électriques	397
11.5.3	Protection dans le système TN	354	12.2.3	Chauffage électrique des locaux	399
11.5.4	Protection dans le système TT	355	12.2.4	Appareils électriques pour le stockage et la préparation des aliments	403
11.5.5	Protection dans le système IT	356	12.2.5	Appareils électriques pour la lessive et la vaisselle	407
11.6	Isolation double ou renforcée	357	12.2.5.1	Lave-linge	407
11.7	Protection par séparation galvanique	357	12.2.5.2	Sèche-linge	408
11.8	Protection par très basse tension via SELV ou PELV	358	12.2.5.3	Lave-vaisselle	409
11.9	Dispositifs de protection contre les courants résiduels	359	12.2.6	Compatibilité électromagnétique (CEM) des équipements électriques	410
11.9.1	Structure et fonction	359	12.2.7	Test d'appareils électriques après réparation et modification	412
11.9.2	Applications des DDR	360	12.2.8	Répéter les essais sur les équipements électriques	414
11.9.3	Valeurs caractéristiques des DDR	361	12.3	Systèmes d'antennes et distribution	415
11.9.4	Choix et utilisation des DDR	361	12.3.1	Mode de fonctionnement des antennes	415
11.9.5	DDR en protection incendie	363	12.3.2	Antennes de réception	416
11.10	Contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel	363	12.3.3	Gain, atténuation et niveau	418
11.11	Mesures de protection pour les installations qui ne sont exploitées et surveillées que par du personnel qualifié	364	12.3.4	Structure d'antennes	419
11.12	Contrôle des mesures de protection	365	12.3.5	Systèmes de réception de télévision par satellite	420
11.12.1	Essais initiaux d'installations et d'équipements électriques fixes	366		Conseil pratique : réception numérique par satellite	423
11.12.2	Contrôle des conducteurs de protection et équipotentiels de protection	368	12.3.6	Système de réception DVB-T2 HD (TNTT2 HD)	424
11.12.3	Mesure de la résistance d'isolement dans les installations électriques	368	12.3.7	Equipements de communication à haut débit ou large bande	424
11.12.4	Contrôle des mesures de protection SELV, PELV et séparation de protection	369	12.3.8	Calcul d'un système d'antenne de réception	425
			12.3.9	Montage de systèmes d'antennes de réception	426
				Conseil pratique : câblage multimédia dans le séjour	428
			12.4	Technologie all-IP	429
			12.4.1	Bases de l'all-IP	429
			12.4.2	Technologie de connexion	430

12.4.3	Technologie VoIP	431
	Conseil pratique : choix et raccordement d'un routeur DSL	432
12.4.4	RNIS (ISDN) connexion all-IP	433
12.5	Automatisation des bâtiments	434
12.5.1	Technique de gestion des bâtiments	434
12.5.2	Réseaux domestiques	435
	Conseil pratique : programmer un projet KNX	439
	Conseil pratique : convertir une commande de stores en KNX	441
	Conseil pratique : la maison en réseau	442
12.5.3	Automatisation des bâtiments avec visualisation	444
12.6	Systèmes de sécurité	445
12.6.1	Spécifications générales	445
12.6.2	Systèmes de sécurité incendie	446
12.6.3	Détection d'effraction	448
12.6.4	Systèmes contre les braquages	450
	Conseil pratique : système d'alarme anti-effraction	451
	Conseil pratique : installation de détecteurs de fumée	452
12.7	Protection contre la foudre	453
12.7.1	Origine de la cellule orageuse	453
12.7.2	Effets du courant de foudre	453
12.7.3	Protection contre la foudre	453
12.7.3.1	Protection externe contre la foudre	454
12.7.3.2	Protection interne contre la foudre	455
12.7.3.3	Distance de séparation	456
	Répéter - Appliquer - Approfondir : technologie du bâtiment	458

13 Machines électriques

13.1	Transformateurs	460
13.1.1	Transformateur monophasé	460
13.1.1.1	Conception et fonctionnement	460
13.1.1.2	Tension à vide	460
13.1.1.3	Rapports	461
13.1.1.4	Comportement et fonctionnement à vide	462
13.1.1.5	Comportement en charge	462
13.1.1.6	Comportement en cas de court-circuit	463
13.1.1.7	Courant de court-circuit et courant d'appel	464
13.1.1.8	Rendement des transformateurs	465
13.1.2	Petits transformateurs	466
13.1.2.1	Construction	466
13.1.2.2	Types de petits transformateurs	467
13.1.2.3	Tension d'essai pour petits transformateurs	468
13.1.3	Transformateurs spéciaux	469
13.1.3.1	Autotransformateurs	469
13.1.3.2	Transformateurs à shunt magnétique	470
13.1.4	Transformateurs de mesure	470
13.1.4.1	Transformateur de tension ou de potentiel (TP)	470
13.1.4.2	Transformateur de courant ou d'intensité (TI)	471
13.1.5	Transformateurs triphasés	472
13.1.5.1	Structure et principe	472
13.1.5.2	Couplages	473
13.1.5.3	Charge asymétrique	475
13.1.5.4	Types de couplages communs	476
13.1.6	Mise en parallèle des transformateurs	477
13.2	Machines électriques tournantes	478
13.2.1	Bases	478
13.2.1.1	Puissance et couple	478
13.2.1.2	Construction de machines tournantes	479
13.2.1.3	Plaque d'identification	479
13.2.1.4	Sens de rotation	479
13.2.1.5	Types de services des machines électriques	480
13.2.1.6	Refroidissement des machines électriques	481
13.2.1.7	Formes et dimensions des machines électriques tournantes	482
13.2.1.8	Isolation électrique	482
13.2.2	Moteurs asynchrones triphasés	483
13.2.2.1	Champ tournant	483
13.2.2.2	Moteur à cage d'écuréuil	484
13.2.2.3	Démarrage des moteurs à cage d'écuréuil	487

13.2.2.4	Moteur à bagues collectrices (ou à rotor bobiné)	489
13.2.2.5	Moteurs à commutation de pôles	490
	Conseil pratique : connexion d'un moteur triphasé	491
	Aperçu de la formule du moteur asynchrone triphasé	492
	Conseil pratique : choix d'un moteur électrique	493
13.2.2.6	Fonction de freinage des moteurs asynchrones triphasés	495
13.2.2.7	Moteur triphasé alimenté en monophasé (branchement de Steinmetz)	496
13.2.2.8	Moteur asynchrone monophasé	497
13.2.3	Moteurs linéaires triphasés	498
13.2.4	Moteur synchrone	499
13.2.5	Moteurs spéciaux	500
13.2.5.1	Moteurs à pôles bagués	500
13.2.5.2	Moteur à réluctance	501
13.2.5.3	Moteurs pas à pas	501
13.2.6	Génératrice synchrone	504
13.2.7	Moteurs à collecteur	506
13.2.7.1	Structure des moteurs à courant continu	506
13.2.7.2	Mode de fonctionnement	507
13.2.7.3	Champ perpendiculaire et réaction d'induit	508
13.2.7.4	Désignation des connexions	509
13.2.7.5	Types de moteurs à courant continu	510
13.2.7.6	Démarrage de moteurs DC	512
13.2.7.7	Contrôle de la vitesse des moteurs DC	513
13.2.7.8	Moteur universel	514
13.2.8	Servomoteurs	515
13.2.8.1	Servomoteur à courant continu	516
13.2.8.2	Servomoteur triphasé	516
13.2.9	Entretien et teste des machines électriques	519
	Répéter - Appliquer - Approfondir : machines électriques	520

14 Technique de l'information

14.1	Domaines des technologies de l'information	521
14.2	Ordinateurs, programmes et périphériques	522
14.2.1	Composants et fonctionnalités d'un ordinateur	522
14.2.2	Hardware, Software et Firmware	523
14.2.3	Système informatique	523
14.3	Micro-ordinateur	524
14.4	Ordinateur personnel (PC)	525
14.4.1	Composants d'un PC	525
14.4.2	Microprocesseur (CPU)	526
14.4.3	Mémoire à semi-conducteurs	527
14.4.4	Communication par bus	528
14.4.5	Unité d'entrée et de sortie	528
	Conseil pratique : sélection d'une carte mère pour PC	529
14.5	Dispositifs d'entrée, de sortie et de stockage	530
14.5.1	Dispositifs d'entrée	530
14.5.2	Dispositifs de sortie	530
14.5.2.1	Imprimantes	530
14.5.2.2	Ecrans ou moniteurs couleur	531
14.5.3	Dispositifs périphériques pour le stockage des données	532
	Conseil pratique : travaux de maintenance sur PC	533
14.6	Logiciel (Software)	534
14.6.1	Programmes du système	534
14.6.2	Programmes d'application	535
14.6.3	Développement de logiciels	536
14.7	Réseaux informatiques	537
14.7.1	Services dans les réseaux informatiques	537
14.7.2	Topologies des réseaux	537
14.7.3	Composants d'un réseau local (LAN), topologie en étoile	538
14.7.4	Protocole de réseau	539
14.7.5	Réseau mondial Internet	540
	Conseil pratique : connecter deux PC via un réseau	541

	Conseil pratique : établir une connexion WLAN avec un réseau	542	16.2.1.1	Jonctions électriques déconnectables	602	
14.8	Sécurité et protection des données et droits d'auteur	543	16.2.1.2	Jonctions électriques permanentes	602	
14.9	Programmes malveillants (malware)	543	16.2.2	Circuits imprimés	605	
	Répéter - Appliquer - Approfondir : technique de l'information	544	16.2.3	Technologie SMD ou CMS	607	
15	Technique d'automatisation	545	16.3	Protection de l'environnement	608	
15.1	Technique de commande	545	16.3.1	Réglementation de la protection de l'environnement dans l'électrotechnique	608	
15.1.1	Commande	545	16.3.2	Protection de l'environnement en entreprise	609	
15.1.1.1	Termes techniques de la commande	545	16.3.3	Recyclage et élimination des déchets	610	
15.1.1.2	Types de commandes	546	16.4	Economies d'énergie	612	
15.2	Relais logiques	548	16.4.1	Utilisation rationnelle de l'énergie	612	
15.3	Automate programmable (API)	550	16.4.2	Mode veille	614	
15.3.1	Construction	550	16.4.3	Conseils d'économie d'énergie	615	
15.3.2	Langages de programmation	551		Répéter - Appliquer - Approfondir : matériaux, fabrication, environnement	616	
15.3.3	Fonctionnement d'un API	551	17	Profession / entreprise	617	
15.3.4	Structure en blocs dans STEP 7	553	17.1	Compétence d'action	617	
15.3.5	Programmation	554		Conseil pratique : comportement et style au travail	618	
15.3.5.1	Liens de base	554	17.1.1	Travail d'équipe (team)	620	
15.3.5.2	Contacts d'ouverture et de fermeture	555	17.1.2	Méthodes de travail et planification du temps	621	
15.3.5.3	Fonctions de mémoire	557	17.1.3	Communication	622	
15.3.5.4	Fonctions temporelles	559	17.1.4	Techniques de créativité	623	
15.3.5.5	Compteurs	560	17.1.5	Acquisition d'informations	624	
15.3.5.6	Comparateurs	562	17.2	Présentation	625	
15.3.6	Séquenceurs	563	17.2.1	Tâches de présentation et préparation	625	
15.3.6.1	Genres de séquenceurs	563	17.2.2	Visualisation	626	
15.3.6.2	Modes de fonctionnement	563	17.2.3	Faire une présentation	627	
15.3.6.3	Chaîne de séquences (structure)	564	17.3	Gestion de projet	628	
15.3.6.4	Chaînes de séquences avec embranchements	565	17.3.1	Tâches des projets	628	
15.3.6.5	Programmation d'une chaîne de processus avec un API	566	17.3.2	Phases du projet	629	
15.3.7	Blocs de bibliothèques	567	17.4	Commande et service à la clientèle	630	
	Conseil pratique : créer un projet S7	570	17.4.1	Attentes et relations avec les clients	630	
15.3.8	Sécurité des machines	572	17.4.2	Phases d'une commande	631	
15.3.8.1	Catégories de sécurité (niveau de performance)	572	17.4.3	Service clientèle	633	
15.3.8.2	Parties liées à la sécurité	572	17.5	Calcul d'une offre	634	
15.3.8.3	Actions en cas d'urgence (arrêt d'urgence, coupure d'urgence)	573	17.5.1	Calcul en entreprise industrielle	635	
15.3.9	Systèmes de bus	574	17.5.2	Calcul des services	636	
15.3.9.1	Bus de terrain	574	17.5.3	Calcul dans l'artisanat	637	
15.4	Visualisation des processus	578	17.5.4	Facturation	638	
15.5	Technique de régulation	580	17.6	Gestion de la qualité	639	
15.5.1	Tâches et notions	580	17.6.1	Objectifs de la gestion de la qualité	639	
15.5.2	Systèmes régulés	581	17.6.2	Série de normes EN ISO 9000 etc.	639	
15.5.2.1	Comportement statique des systèmes régulés	581	17.6.3	Méthode TQM	640	
15.5.2.2	Comportement dynamique des systèmes régulés	582	17.6.4	Outils de la qualité	641	
15.5.3	Régulateur	585		Conseil pratique : création d'une entreprise	642	
15.5.3.1	Régulateurs discontinus	585		Répéter - Appliquer - Approfondir : profession et entreprise	643	
15.5.3.2	Régulateurs continus	587		résultats des calculs de révision	644	
15.5.4	Boucle de régulation	591		18	Info	645
15.5.4.1	Comportement aux oscillations	591		Répertoire d'entreprises	645	
15.5.4.2	Choix du régulateur	591		Symboles électriques	646	
15.5.4.3	Réglage du régulateur	592		Symboles électrotechniques importants	652	
15.5.5	Régulateur universel	593		Marques de conformité, symboles et logos importants	653	
	Conseil pratique : projet de régulation	594		Marquage des résistances et des condensateurs	654	
	Répéter - Appliquer - Approfondir : technique d'automatisation	595		Caractéristiques de déclenchement des dispositifs de protection contre les surintensités	655	
16	Matériaux, procédés de fabrication, protec. de l'environnement et écon. d'énergie	596		Types d'installation des câbles et conducteurs isolés, section minimale des conducteurs	656	
16.1	Matériaux en électrotechnique	596		Capacité de charge en courant, facteurs de conversions pour câbles et conducteurs isolés	657	
16.1.1	Conducteurs et matériaux de contact	597		Données de fonctionnement des moteurs triphasé à cage d'écureuil	658	
16.1.1.1	Matériaux conducteurs	597		Diodes	659	
16.1.1.2	Matériau de contact	598		Transistor NPN	660	
16.1.2	Matériaux isolants	599		Thyristor, Triac	661	
16.1.2.1	Propriétés électriques des matériaux isolants	599		Glossaire : Français – Allemand – Anglais	662	
16.1.2.2	Isolants inorganiques et organiques	600		Intérieur page de couverture début : Symboles, grandeurs et unités importants		
16.1.2.3	Isolants liquides et gazeux	601		Intérieur page de couverture fin : Sécurité au travail et protection contre les accidents		
16.2	Processus de production	602				
16.2.1	Connexions (jonction)	602				

Remarques préliminaires sur les domaines d'apprentissage

Le système dual distingue les lieux de formation que sont l'entreprise, les cours interentreprises et l'école professionnelle. La formation est régie par l'ordonnance fédérale, le plan de formation ou le plan d'étude cadre¹. Ces documents définissent des compétences opérationnelles qui sont enseignées en collaboration entre les différents lieux de formation et sont établis pour toute la durée de la formation. Les programmes d'enseignement définissent une structure de contenu et de temps, mais n'indiquent pas les matières pouvant être enseignées, les formes d'enseignement et les horaires. Ces mesures organisationnelles sont prises par l'entreprise et l'école concernée.

Les changements techniques, d'organisation du travail et sociaux imposent de nouvelles exigences à l'école et à la formation. C'est pourquoi des domaines d'apprentissage ont été créés dans cet ouvrage.

L'ordonnance de formation comprend :

- la dénomination et la durée,
- les compétences opérationnelles,
- la répartition entre les lieux de formation,
- la procédure de qualification.



Le plan de formation comprend :

- le profil de la formation,
- la structure de la formation,
- la procédure de qualification,
- la coopération entre les lieux de formation.

La procédure de qualification exige :

- un travail pratique individuel et
- un examen de connaissances professionnelles.

Domaines d'apprentissage de base dans le champ professionnel de l'électrotechnique

Les pages suivantes relatives aux domaines d'apprentissage sont données à titre indicatif. Les domaines d'apprentissage peuvent varier d'une profession à l'autre.

Domaine de d'apprentissage 1 : analyser des systèmes électrotechniques et contrôler des fonctions page

• Structures de l'entreprise, organisation du travail, travail en équipe	617, 620
• Recherche d'informations	624
• Schémas électriques, symboles	25, 101, 643
• Grandeurs électrotechniques de base	21, 28, 31, 42
• Dangers du courant électrique	342
• Protection du travail, protection contre les accidents, règles de sécurité	15, 347
• Méthode de mesure, oscilloscope	168, 180
• Composants électroniques	193, 654, 659

Domaine d'apprentissage 2 : planifier et réaliser des installations électriques

• Planification des commandes.....	630
• Schémas d'installation.....	104
• Installations d'appel domestique, interphones domestiques.....	109
• Choix des câbles, des lignes et de la protection contre les surintensités	306, 311, 323, 655
• Dimensionnement des lignes.....	323, 326, 327
• Dispositions et règles de sécurité, signaux de sécurité.....	15, quatrième de couverture intérieure
• Protection de l'environnement, économies d'énergie	608, 612
• Établissement d'une offre, calcul des coûts, facturation	634, 638

Domaine d'apprentissage 3 : analyser et adapter des commandes

• Termes techniques, principe EVA, types de commande	545
• Capteurs	185
• Technique numérique, opérations logiques de base	229
• Fonction mémoire, bascules.....	237
• Relais et contacteurs	111
• Glossaire	662

Domaine d'apprentissage 4 : mettre à disposition des systèmes informatiques

• Cahier des charges	628
• Matériel	523
• Systèmes d'exploitation	534
• Composants logiciels, applications, Internet	534, 540
• Réseaux	537
• Techniques de présentation	625
• Sauvegarde des données, protection des données.....	543

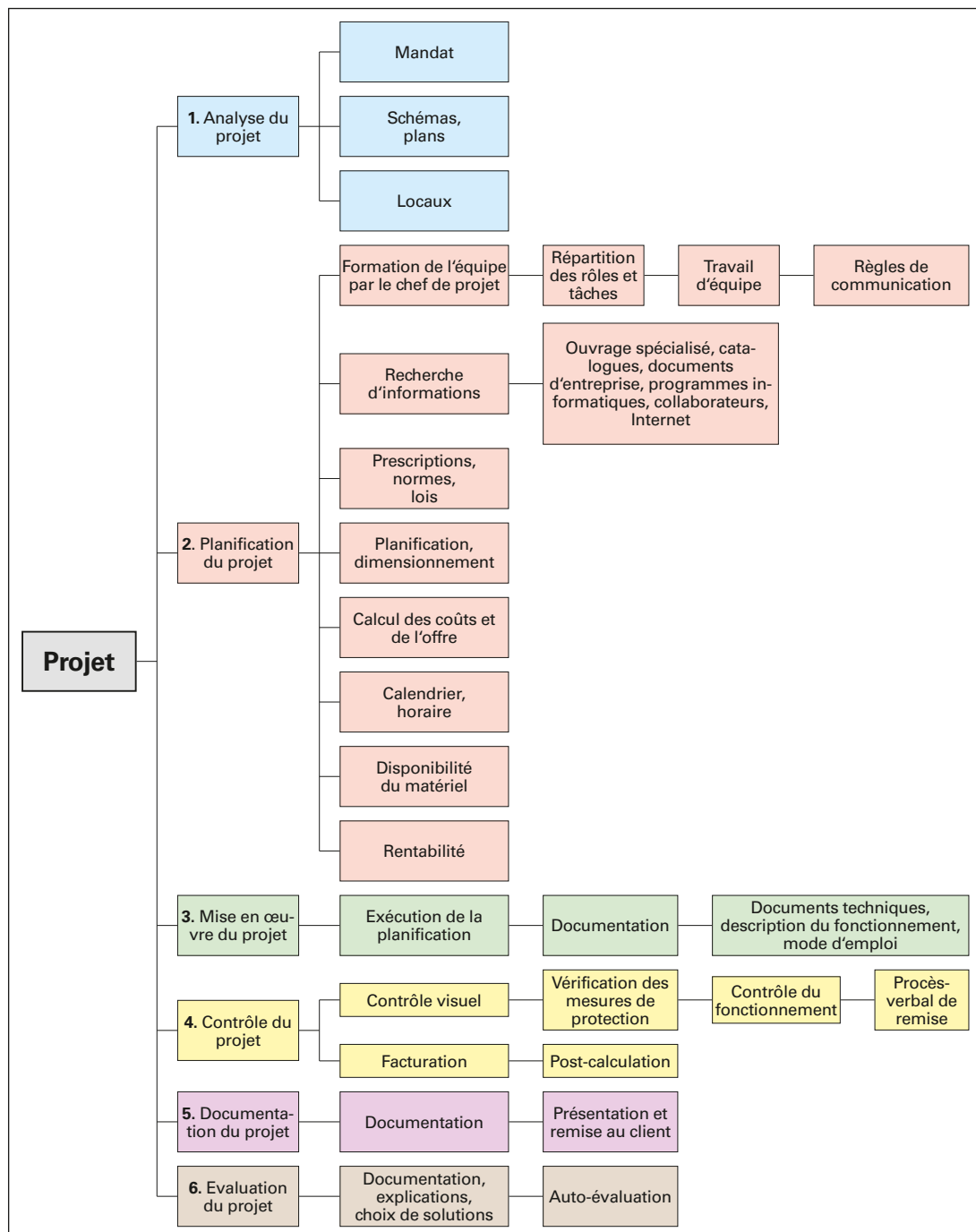
¹ Les ordonnances de formation, plans de formation et plans d'études cadres peuvent être consultés sur le site www.sbf.admin.ch de la Confédération.

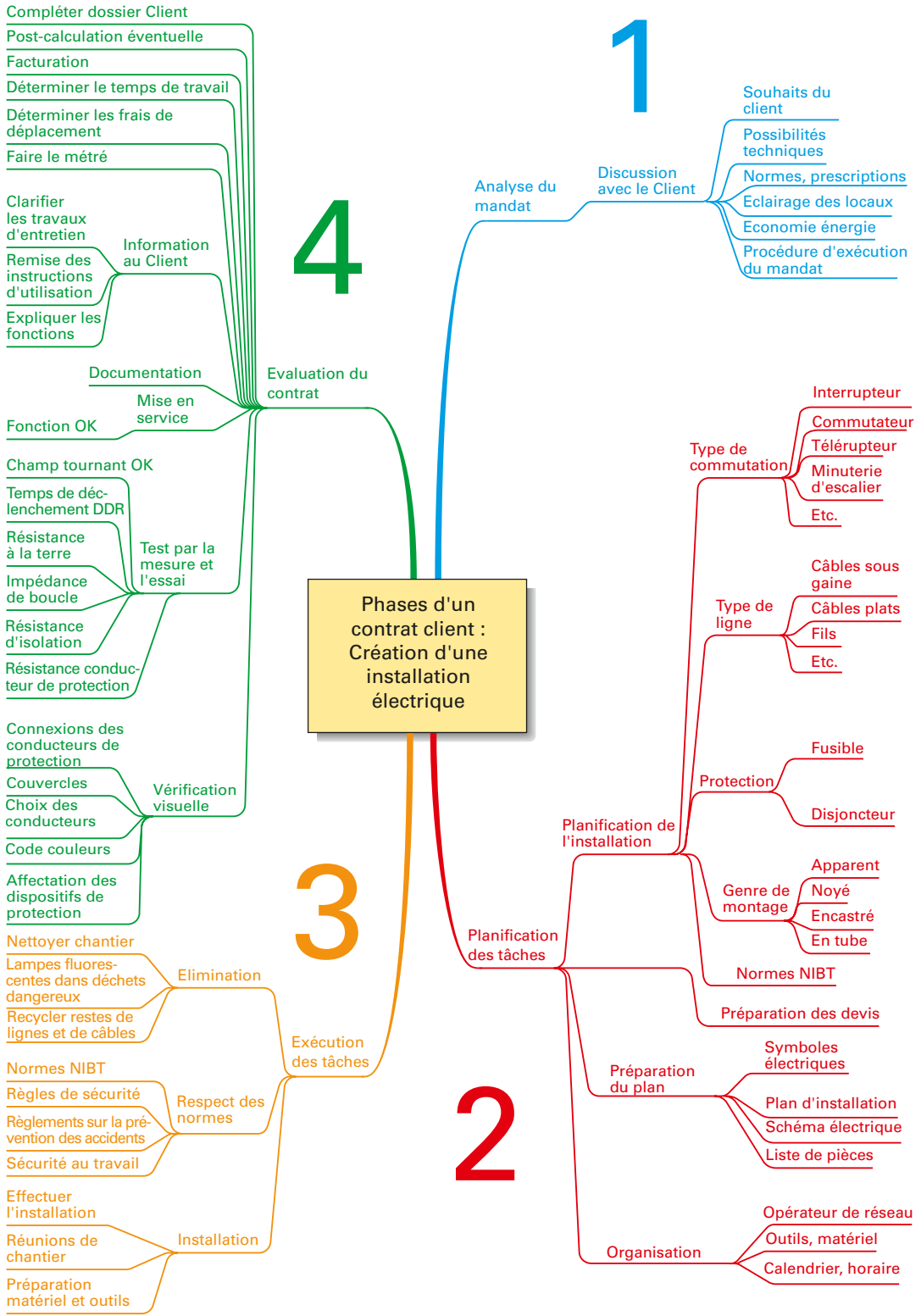
DA*	Professions*						Compétences	Pages du livre (Exemple)
	EO	EM	GB	MA	EL	AU		
5	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Assurer l'alimentation électrique et la sécurité des équipements Mettre en œuvre l'alimentation électrique des appareils et des systèmes et assurer leur sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Sécurité au travail 15 Dangers du courant électrique 342 Mesures de protection 342 Réseaux 350
6	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Analyser les installations et vérifier leur sécurité Analyser et tester les dispositifs et les assemblages dans les systèmes Inspecter et tester les systèmes techniques du bâtiment Fabriquer et tester de machines électriques Concevoir et fabriquer des assemblages électroniques de dispositifs 	<ul style="list-style-type: none"> Technique du bâtiment 380 Vérification des mesures de protection 365 Inspections de renouvellement 373, 374 Machines électriques 459 Technique de mesure 168, 179 Électronique 193 Circuits imprimés 605
7	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Programmer et mettre en œuvre de contrôles pour les systèmes Réaliser des installations techniques pour les bâtiments selon les exigences du client Analyser le comportement en fonctionnement des machines Configurer des modules en termes de matériel et de logiciel 	<ul style="list-style-type: none"> Senseurs, actuateurs 185 Technique de commande 545 Relais programmables 548 Automates programmables 550 Automatisation des bâtiments 434 Bus KNX 437 Modes fonctionnement machines électr. ... 480
8	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Sélectionner et intégrer des systèmes d'entraînement Développer les systèmes techniques des bâtiments en fonction des aspects commerciaux Intégrer des machines électriques et des composants mécaniques Fabriquer et tester des dispositifs 	<ul style="list-style-type: none"> Choix d'un moteur électrique 493 Démarrage de machines électriques 487 Construction des machines électriques ... 479 Machines électriques 459 Test d'appareils 412 Inspections de renouvellement 383, 414
9	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Intégrer des systèmes de contrôle et de communication Planifier des systèmes de communication dans les bâtiments résidentiels et fonctionnels Réaliser et mettre en service des systèmes techniques du bâtiment Intégrer des systèmes et sous-traiter des services Réparer des machines électriques Inspecter, entretenir et réparer des équipements et des systèmes 	<ul style="list-style-type: none"> Fils et câbles 306 Dimensionnement des conducteurs 326 Technique du bâtiment 380 Installations de télécommunications 518 Systèmes d'appel et d'alarme 108 Technique de gestion des bâtiments 434 Antennes 415 Alarmes 445 Test et maint. machines électriques 519
10	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en service et présenter des systèmes d'automatisation aux procédures de réception Mettre en service et assurer la maintenance d'installations électriques pour les services du bâtiment Installer et réparer des installations de distribution d'énergie électrique Exploiter des infrastructures conformément aux exigences du client Choisir et adapter des commandes de machines électriques Installer des infrastructures de production 	<ul style="list-style-type: none"> Installations électriques 275 Réseaux 280, 350 Électronique de puissance 242 Transformateurs 460 Technique d'automatisation 545 Appareils électriques 396 Lumière et éclairage 380 Installations photovoltaïques 280 Technique de réglage 545 Protection contre la foudre 453
11	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Gérer et optimiser des systèmes automatisés Monter, mettre en service et entretenir des systèmes de distribution d'énergie électrique Mettre en service et entretenir de systèmes automatisés Entretenir des infrastructures et installations de bâtiments et passer des commandes de réparation Intégrer des machines électriques dans des systèmes techniques Réaliser et utiliser des systèmes de test 	<ul style="list-style-type: none"> Installations électriques 275 Systèmes en réseau 350 Formes de réseaux 293 Transformateurs 460 Techniques d'automatisation 545 Mandats clients 628 Technique du bâtiment 380 Machines électriques 459
12	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Planifier des systèmes automatisés Planifier et réaliser des installations de distribution d'énergie et de bâtiments Planifier et réaliser des installations électriques Planifier des changements d'affectation de systèmes de construction et d'infrastructure Entretenir et réparer des systèmes d'entraînement Planifier et réaliser des équipements et des systèmes 	<ul style="list-style-type: none"> Installations électriques 275 Dimensionnement des conducteurs 326 Bus KNX 439 Economies d'énergie 612 Technique d'automatisation 545 Bus de terrain 574 Sécurité des machines 572 Test et maint. machines électriques 519
13	x	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en œuvre de systèmes d'automatisation Entretenir et modifier des installations de distribution d'énergie et de bâtiments Entretenir et modifier des installations électriques Optimiser des bâtiments et des infrastructures Adapter et optimiser des systèmes d'entraînement Entretenir des systèmes de fabrication et des installations de test 	<ul style="list-style-type: none"> Mesures de protection 342 Vérification des mesures de protection 365 Choix d'un moteur électrique 493 Technique d'automatisation 545 Systèmes d'entraînement 563 Procédés de fabrication 602 Locaux et installations particuliers 339

* DA : domaines d'apprentissage. EO : électronicien-ne CFC, électronicien-ne en multimédia CFC, technicien-ne dipl. ES en électronique. EM : électricien-ne de montage CFC. GB : informaticien-ne du bâtiment CFC, technicien-ne dipl. ES en télécommunications. MA : opératrice de machines automatisées CFC. EL : électricien-ne de réseau CFC, installateur-trice-électricien-ne CFC, planificateur-trice-électricien-ne CFC. AU : automaticien-ne CFC, monteur-euse-automaticien-ne CFC.

Réalisation d'un nouveau projet

Un déroulement systématique est nécessaire à l'exécution professionnelle d'un projet ou d'un mandat, p. ex. pour une installation d'éclairage (**page suivante**). L'**aperçu** ci-dessous indique les différentes étapes à respecter lors de l'exécution d'un projet ou d'un contrat. Ceci peut être appliqué à tout mandat, même si toutes les étapes ne sont pas nécessaires dans chaque cas.







1 Sécurité au travail et protection de la santé

1.1 Sécurité et protection de la santé sur le lieu de travail

Les accidents électriques sont majoritairement dus à des **erreurs techniques** comme p. ex. panneaux de protection manquants ou isolation mal faite. Mais également une **organisation défectueuse**, p. ex. les instructions de travail manquantes ou insuffisantes, et les **erreurs personnelles**, p. ex. les manipulations erronées provoquent des accidents. **L'équipement de protection individuel (EPI)** sur le lieu de travail est de première importance puisqu'il protège contre les blessures, les maladies et toutes les influences néfastes pour le corps, p. ex. habits ou casque de protection.

Il est interdit d'ôter les éléments de protection ou les panneaux explicatifs de sécurité sur un lieu de travail (figure).

En Suisse, la **loi fédérale sur le travail (LTr)** et les ordonnances y relatives (OLT) fixent, selon leur domaine d'application, les dispositions concernant la sécurité et la protection de la santé des travailleurs sur le lieu de travail. L'employeur est tenu de prendre toutes les dispositions nécessaires. Le travailleur doit lui aussi appliquer les prescriptions.

Les directives de la SUVA (caisse nationale d'assurance en cas d'accidents) concernant la **prévention des accidents** doivent être observées par les entreprises et les assurés (travailleurs). Elles obligent les entreprises à prendre des mesures pour la protection contre les accidents, maladies et autres dangers professionnels ainsi que pour des premiers secours efficaces. Les assurés doivent soutenir ces mesures.

1.2 Loi sur la sécurité des produits

La **loi fédérale sur la sécurité des produits (LSPro)** et les ordonnances y relatives fixent, selon leur domaine d'application, les dispositions visant à garantir la sécurité des produits et à faciliter la libre circulation des marchandises sur le plan international.

Aperçu : Lois et règlements

Les lois et réglementations sur la sécurité et protection de la santé sur le lieu de travail en Suisse sont prescrites par la SUVA.

Sécurité sur le lieu de travail

- Travaillez en sécurité dans un lieu désencombré.
- Utilisez la sécurité passive.
- Portez l'équipement de sécurité personnel.

Observez les panneaux :

d'avertissement	d'incitation	d'interdiction
		
de secours	de protection contre le feu	
		


- Respectez les interdictions, p.ex. alcool interdit, interdiction de fumer, accès interdit.
- Annoncez ou éliminez les lacunes sécuritaires ou les situations dangereuses immédiatement.
- N'utilisez aucune installation, machine ou moyen de production sans autorisation.
- Gardez votre place de travail propre et ordonnée.

Grâce à une coopération active, vous et vos collègues pouvez vous protéger contre les accidents et les atteintes à la santé.

Figure : Panneau d'information pour la sécurité sur le

Travailler avec l'électricité (page 348)

Le travail sur des installations ou systèmes électriques doit être exécuté par du personnel qualifié ou sous les instructions et la surveillance de celui-ci. Le personnel qualifié doit évaluer le travail à réaliser, identifier les éventuels dangers et appliquer les moyens de sécurité nécessaires.

 **Les produits** sont p. ex. les machines, les appareils électroménagers, les outils, les appareils pour le sport et les loisirs, tous les textiles, les meubles, les jouets, les équipements de protection personnels.



Les produits mis en circulation sur le marché de l'union européenne doivent satisfaire aux exigences de sécurité édictées par l'UE. Le producteur déclare ses produits conformes aux exigences sécuritaires et appose sous sa propre responsabilité le sigle **CE (figure a)** sur ceux-ci.



Figure : marquage CE

Par l'apposition du sigle CE sur un produit, le producteur atteste de la conformité de son produit aux prescriptions légales de l'UE.

La présence du symbole CE peut ne pas suffire à certifier la conformité d'un appareil électrique p. ex. qui sera testé par un laboratoire accrédité. On peut donc trouver un sigle attestant la vérification de la sécurité par un laboratoire accrédité (p. ex. SEV, VDE, TÜV, etc.) à côté du sigle CE.

Les produits portant le label GS garantissent que la sécurité et la santé de l'utilisateur ne sont pas menacées. L'apposition de cette marque n'est autorisée qu'après avoir été testée par les autorités de contrôle de la GS.

1.3 Ordonnance sur les produits dangereux

L'ordonnance sur la protection contre les substances et les préparations dangereuses (ordonnance sur les produits chimiques, OChim) est appliquée lors de la mise en circulation de substances, de mélanges ou de produits dangereux pour la protection de la santé et la sécurité des personnes et également pour la protection de l'environnement. En particulier les substances et les mélanges dangereux doivent être emballés et étiquetés correctement. Grâce au système global harmonisé (GHS), les substances chimiques sont cataloguées et étiquetées selon les mêmes critères dans le monde entier. Le système GHS fut introduit dans l'UE avec l'ordonnance CLP qui régit la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances et mélanges. Le changement le plus évident est le changement des symboles de mise en garde. Les symboles de danger sont remplacés par des losanges encadrés de rouge dans lequel on voit un symbole noir sur fond blanc (**tableau**). Trois nouveaux symboles sont apparus, la bouteille de gaz, le point d'exclamation et la forme humaine avec l'étoile. Pour compléter la signalisation les mots « Attention » et « Danger » ont été introduits.

- **Attention** : mot symbole indiquant les catégories de danger de moindre importance.
- **Danger** : mot symbole désignant les catégories de danger important.

i **Système de signalisation selon l'ordonnance CLP (GHS).**




















- **Pictogrammes de danger** p. ex. 
- **Dangers pour la santé** avec catégories de dangers p. ex. toxicité aiguë, effet corrosif ou irritant sur la peau, gaz sous pression.
- **Mots signaux** « Attention » ou « Danger ».
- **Indications de danger, phrases H** (Hazard statements) définissent le genre et le niveau de dangerosité que produisent les substances et les mélanges dangereux (**figure 1, chapitre 1.3**).
- **Indications de sécurité, phrases P** (Precautionary Statements) définissent les mesures conseillées afin d'éviter ou de limiter les effets nocifs lors d'une exposition à des substances ou mélanges dangereux (**figure 1, chapitre 1.4**).

Tableau : Etiquetage des dangers (ancien et nouveau comparés)

	Dangers physico-chimiques			Menaces pour la santé				Dangers environnementaux
Ancien	 E	 F F+	 O	 C	 T T+	 Xi	 Xn	 N
Nouveau	 Explosif	 Inflammable  Gaz sous pression	 Oxydant  Matières corrosives	 Caustique, Irritant	 Toxique	 Irritant	 Nocif pour la santé Substances KMR	 Dangereux pour l'environnement

¹ CE, Abr. pour : Communauté Européenne ² TÜV, Abr. pour : Technischer Überwachungsverein = société de surveillance technique

³ VDE, Abr. pour : Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. = Association de l'électrotechnique

⁴ GHS, Abr. pour : Globally Harmonised System (angl.) = Système Global Harmonisé

⁵ CLP, Abr. pour : Classification, Labelling and Packaging (angl.) = Classification, étiquetage et emballage des substances et mélanges



L'emballage d'une substance définie comme dangereuse doit être étiquetée avec les indications suivantes (figure 1).

Nom chimique de la substance Nom et numéro d'index	Methanol (Index Nr. 603-001-00-X) Liquide et vapeur facilement inflammable. Toxique en cas d'ingestion. Toxique par contact avec la peau. Toxique par inhalation. Dommages aux yeux, danger de cécité. De la chaleur/étincelles/ flamme nue/chaude Tenir les surfaces éloignées. Ne fumez pas. Entreposer dans un endroit bien ventilé. Garder le contenant hermétiquement fermé. Porter des gants/vêtements de protection. En cas de contact avec la peau : Laver abondamment à l'eau et au savon. En cas d'ingestion : Appeler immédiatement un centre d'information antipoison ou un médecin. Conserver sous clé.	} avertissements de danger Phrases H
pictogrammes de danger (Tableau, page 16)	} consignes de sécurité Phrases P	
quantité nominale mot de signalement		5 L Gefahr
Adresse complète du fabricant, distributeur ou importateur	Max Meier KG, Schellingenstr. 20 München, Tel. 089...	

Figure 1 : Exemple d'étiquetage d'une substance dangereuse

1.4 Signalétique de sécurité

La norme SN EN ISO 7010 décrit les pictogrammes de sécurité et de danger à utiliser sur les lieux de travail. La signalisation de sécurité (tableau sur la couverture arrière) sert à l'information sécuritaire et à la protection de la santé. Elle prévient le danger, elle dirige et donne des instructions dans les situations dangereuses. L'affichage d'interdictions en fait également partie. Chaque pictogramme doit attirer immédiatement et sans ambiguïté l'attention sur des objets ou des comportements pouvant être dangereux.

Par leur **forme** et leur **couleur**, les panneaux de sécurité informent s'il s'agit d'interdiction, d'obligation, de danger, de secours ou de sécurité incendie (tableau). De plus les panneaux de sécurité portent un **pictogramme**.

- **Les panneaux d'interdiction** excluent un comportement pouvant induire un danger, p. ex. ne pas commuter (figure 2).
- **Les panneaux d'obligation** prescrivent un comportement correct, p. ex. le port du casque.
- **Les panneaux d'avertissement** préviennent des risques et des dangers, p. ex. attention au rayon laser.
- **Les panneaux de secours** indiquent les chemins de fuite ou les sorties de secours ou la direction vers un poste de premiers secours.
- **Les panneaux de sécurité incendie** indiquent les installations d'extinction ou d'alarme incendie.
- **Les panneaux complémentaires (figure 2)** ne peuvent être utilisés qu'en lien avec un panneau de sécurité. Ils contiennent des informations complémentaires en mots ou textes.












Tableau : Forme, couleur et signification de symbole de sécurité									
Forme géométrique	Couleur de sécurité	Signification	Exemple d'application						
 Cercle avec barre diagonale	ROUGE	Interdiction	 Interdiction de fumer						
 Cercle	BLEU	Obligation	 Utilisation d'un casque						
 Triangle équilatéral avec coins arrondis	JAUNE	Avertissement	 Avertissement concernant les substances inflammables						
 Carré	VERT	Secours	 Téléphone d'urgence						
 Carré	ROUGE	Protection anti-incendie	 Extincteur						
 Signe d'interdiction	Indications supplémentaires								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Nous travaillons !</td> </tr> <tr> <td>Lieu :</td> <td>Date :</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Retrait de l'enseigne par :</td> </tr> </table>				Nous travaillons !		Lieu :	Date :	Retrait de l'enseigne par :	
Nous travaillons !									
Lieu :	Date :								
Retrait de l'enseigne par :									

Figure 2 : Signe d'interdiction avec caractère additionnel



1.5 Premiers secours

Par premiers secours, on comprend les soins fournis sur place avant la prise en charge médicale du blessé ou du malade.

Souvent la vie d'un blessé dépend de la rapidité des soins de **premiers secours (figure 2)** fournis sur le lieu de l'accident. L'employeur est responsable et doit prendre les mesures nécessaires à fournir des premiers secours efficaces. Cela signifie la nomination et la formation d'un nombre suffisant de **secouristes** et la mise à disposition d'un équipement de premiers secours adapté.

Lors d'accidents électriques, veiller à sa propre sécurité et couper le courant du circuit ayant électrisé la victime.

Dans les **installations à basse tension** (tension domestique et industrielle usuelle 230/400 V jusqu'à 1000 V au maximum) interrompre le circuit électrique p. ex. par l'interrupteur ou en tirant la fiche ou en déclenchant le disjoncteur. Si le circuit ne peut pas être interrompu, séparer la victime des éléments sous tension à l'aide d'un objet isolant p. ex. une barre isolante.

Dans les **installations à haute tension** (plus de 1000 V, identifié par un panneau de danger illustrant un éclair fléché, **figure 1**), appeler le numéro d'urgence et informer le personnel spécialisé. Dans une zone à haute tension le sauvetage ne peut être effectué que par du personnel spécialisé, lui seul étant autorisé à couper le courant.

Si la **valeur de la tension est inconnue**, appliquer les mêmes règles que pour la haute tension et se tenir à une distance de sécurité d'au moins 5 m.

Numéro d'appel d'urgence 144

- Où l'accident a-t-il eu lieu ?
- Que s'est-il passé ?
- Combien de blessés ?
- Quelles blessures ?
- Attendre et répondre aux questions du poste de secours ! Ne jamais décider soi-même d'interrompre la communication.



Figure 1 : Avertissement de tension électrique dangereuse

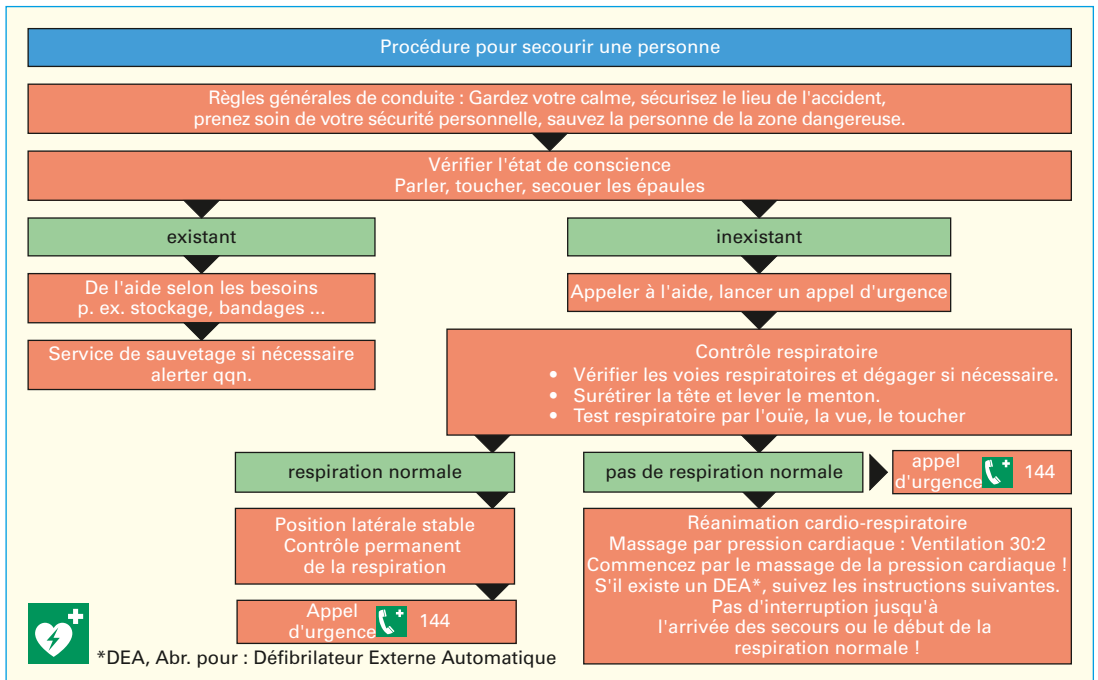


Figure 2 : Premiers secours



Instructions d'action pour la réalisation d'une évaluation des risques

Chaque activité est associée à des risques d'accident et de santé. Afin de réduire au maximum les risques, une évaluation des risques doit être effectuée dans les entreprises conformément à la loi sur la santé et la sécurité au travail (ArbSchG) et à l'ordonnance sur la sécurité industrielle (BetrSichV). Le règlement technique pour la sécurité industrielle (TRBS) 1111 décrit la procédure de base pour la détermination et l'évaluation des dangers et l'élaboration de mesures appropriées.

