



Techniques de la mécanique

3^{ème} édition française

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

N° de la maison d'édition : 11664

Titre original: Fachkunde Metall (58^{ème} édition 2017, 4^{ème} quota d'impression)

Auteurs :

Dillinger, Josef	Directeur hors classe	Munich, Allemagne
Escherich, Walter	Directeur hors classe	Munich, Allemagne
Ignatowitz, Dr Eckhard	Docteur ingénieur	Waldbronn, Allemagne
Oesterle, Stefan	Ingénieur diplômé	Amtzell, Allemagne
Reißler, Ludwig	Directeur hors classe	Munich, Allemagne
Stephan, Andreas	Ingénieur diplômé	Kressbronn, Allemagne
Vetter, Reinhard	Professeur principal	Ottobeuren, Allemagne
Wieneke, Falko	Ingénieur diplômé	Essen, Allemagne

Les auteurs sont des ingénieurs et des enseignants spécialisés dans la formation technique.

Techniques de la mécanique

Relecture :

Caquereau Jacques, EPT, Sion, Suisse
 Carrera Miguel, EPT, Sion, Suisse
 Frédéric Grand, EPT, Sion, Suisse
 Gosteli Pascal, ceff, Moutier, Suisse
 Jeanrichard Claude-Alain, ETML, Lausanne, Suisse
 Kohler Marc-André, CEJEF, Porrentruy, Suisse
 Kottelat Jean-Claude, Courroux, Suisse
 Vallaro Giovanni, EPT, Sion, Suisse
 Voumard Claude-Michel, ceff, Moutier, Suisse
 Enseignants division mécanique EPSIC, Lausanne, Suisse
 Enseignants ceff INDUSTRIE, St. Imier, Suisse

Responsable de projet :

Oliver Schmid, Swissmem Formation professionnelle, Winterthur, Suisse

Images : Les auteurs

Photos : Prêts des entreprises (répertoriées page 680)

Traitement d'image : Bureau de dessin de la maison d'édition Europa-Lehrmittel, Ostfildern, Allemagne

Traduction anglaise : OStRin Christina Murphy, Wolfratshausen, Allemagne

3^{ème} édition française 2020

Impression 6 5 4 3 2 1

Toutes les impressions de la même édition peuvent être utilisées parallèlement pour l'enseignement car elles sont identiques, mises à part la possible correction de fautes typographiques et de petites modifications, par ex. en raison de l'édition de nouvelles normes.

ISBN 978-3-7585-1088-5

Tous droits réservés. L'ouvrage est protégé par des droits d'auteur. Toute utilisation au-delà des cas réglés par la loi doit faire l'objet d'une autorisation écrite de la maison d'édition.

Maquette de la couverture : Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen, Allemagne; TESA/Brown & Sharpe, Renens, Suisse

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Allemagne
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Traduction et composition: A.C.T. Fachübersetzungen GmbH, 41066 Mönchengladbach, Allemagne
 Impression: Himmer GmbH, 86167 Augsburg, Allemagne

Préface

L'ouvrage *Techniques de la mécanique* sert à la formation de base et continue aux métiers des constructions mécaniques.

Groupes-cibles

- Mécaniciens industriels
- Mécaniciens de précision
- Mécaniciens de production
- Mécaniciens sur machines-outils
- Concepteurs techniques de produit
- Contremaîtres et techniciens
- Praticiens dans l'industrie transformatrice des métaux et dans l'artisanat
- Élèves d'écoles techniques
- Stagiaires et étudiants dans la discipline Constructions mécaniques

Table des matières

Le contenu de ce livre est divisé en dix principaux chapitres. Il est harmonisé avec les plans éducatifs et règlements de formation des groupes professionnels susmentionnés ainsi qu'avec les programmes d'études définis par la Conférence des ministres de l'éducation (KMK), et il tient compte des évolutions les plus récentes dans le domaine technique.

Le **répertoire des termes techniques** contient des termes techniques également en langue **anglaise**.

Enseignement par domaines d'apprentissage

Les programmes d'étude cadres orientés sur le domaine d'apprentissage requièrent des formes d'enseignement orientées sur l'action, formes via lesquelles l'apprenant peut convertir en pratique, dans l'entreprise, les connaissances acquises. L'acquisition de cette aptitude est proposée dans treize domaines d'apprentissage, via respectivement un projet directeur assorti d'une préconisation de transposition.

Préface de la 58^{ème} édition

La présente édition, actualisée, s'enrichit des nouveaux contenus suivants :

- Moyens de contrôle des longueurs :
Instruments de mesure des coordonnées,
Spécifications géométriques du produit (GPS)
- Techniques de fabrication :
Outils de tournage,
Ébavurage de pièces,
Fusion sélective
- Automatisation de la fabrication :
Industrie 4.0
- Technique d'automatisation :
Tous schémas des circuits conformes à la norme de référence DIN EN 81346-2
- Projets techniques :
Élaboration de dossiers et documentations techniques, notices d'instructions, communication technique, solutions de bureau dans la documentation

Les auteurs et la maison d'édition remercient tous les utilisateurs de l'ouvrage « Connaissance des métaux » pour leurs remarques critiques et préconisations d'amélioration qu'ils voudront bien adresser à lektorat@europa-lehrmittel.de.

1 Métrologie 2 Management de la qualité

12 ... 92

3 Technique de fabrication

93 ... 273

4 Automatisation de la fabrication

274 ... 330

5 Technique des matériaux

331 ... 411

6 Génie mécanique 7 Électrotechnique 8 Montage, mise en service, entretien

412 ... 545

9 Technique de commande 10 Projets techniques

546 ... 652

Sommaire

1 Métrologie

1.1 Grandeurs et unités	13	1.4.1 Profil des surfaces	43
1.2 Bases de la métrologie	15	1.4.2 Paramètres d'état de surface	44
1.2.1 Notions de base	15	1.4.3 Procédés de contrôle des surfaces	45
1.2.2 Erreurs de mesure	18	1.5 Tolérances et ajustements	47
1.2.3 Capabilité des moyens de contrôle et surveillance des moyens de contrôle	21	1.5.1 Tolérances	47
1.3 Moyens de contrôle des longueurs	23	1.5.2 Ajustements	51
1.3.1 Règles, jauges, calibres et étalons	23	1.6 Spécifications géométriques du produit (GPS)	55
1.3.2 Instruments de mesure mécaniques et électroniques	26	1.7 Contrôle de la forme et de la position	58
1.3.3 Instruments de mesure pneumatiques	34	1.7.1 Tolérances de forme et de position	58
1.3.4 Instruments de mesure électroniques	36	1.7.2 Contrôle des surfaces planes et inclinées	60
1.3.5 Instruments de mesure optoélectroniques	37	1.7.3 Contrôle de la circularité, de la coaxialité et du battement	63
1.3.6 Instruments de mesure des coordonnées	39	1.7.4 Contrôle des filetages	68
1.4 Contrôle des états de surfaces	43	1.7.5 Contrôle de la conicité	70
		1.8 Practise your English	71

2 Management de la qualité

2.1 Domaines de travail du MQ	72	2.8 Capabilité des procédés	83
2.2 La série de normes EN ISO 9000	73	2.9 Performance des procédés	86
2.3 Exigences de qualité	73	2.10 Maîtrise statistique des procédés au moyen de cartes de contrôle de la qualité	87
2.4 Caractéristiques de qualité et défauts	74	2.11 Audit et certification	90
2.5 Outils du management de la qualité	75	2.12 Processus d'amélioration continu : les collaborateurs optimisent les procédés	91
2.6 Maîtrise de la qualité	78	2.13 Practise your English	92
2.7 Assurance de la qualité	79		

3 Technique de fabrication

3.1 Sécurité au travail	94	3.8.1 Matériaux de coupe	136
3.2 Différents procédés de fabrication	96	3.8.2 Lubrifiants réfrigérants	140
3.3 Moulage	98	3.8.3 Sciage	143
3.3.1 Moules et modèles	98	3.8.4 Perçage, taraudage, fraisage, alésage	144
3.3.2 Moulage en moules perdus	99	3.8.5 Fraisage et chanfreinage de trous	153
3.3.3 Moulage en moules permanents	102	3.8.6 Alésage	154
3.3.4 Matériaux de moulage	103	3.8.7 Tournage	156
3.3.5 Défauts de coulée	103	3.8.8 Fraisage	180
3.4 Mise en forme des matières plastiques	104	3.8.9 Ébavurage de pièces	197
3.4.1 Extrusion	104	3.8.10 Rectification	200
3.4.2 Moulage par injection	105	3.8.11 Brochage	212
3.4.3 Moulage par compression	108	3.8.12 Superfinition	214
3.4.4 Formage des matières en mousse	108	3.8.13 Enlèvement par électro-érosion	220
3.4.5 Mise en forme des produits semi-finis et finis à partir de matières plastiques	109	3.8.14 Dispositifs et éléments de serrage sur des machines-outils	224
3.5 Formage	111	3.8.15 Exemple de fabrication d'une bride de serrage	231
3.5.1 Comportement des matériaux lors du formage	111	3.9 Liaison	235
3.5.2 Procédés de formage	111	3.9.1 Procédé de liaison	235
3.5.3 Déformation plastique par flexion	112	3.9.2 Assemblage par sertissage et par enclenchement	238
3.5.4 Déformation plastique par traction et compression	115	3.9.3 Collage	240
3.5.5 Déformation plastique par compression	119	3.9.4 Brasage	242
3.5.6 Presses	121	3.9.5 Soudage	248
3.6 Coupe	122	3.10 Procédés de fabrication additifs	261
3.6.1 Cisaillage	122	3.10.1 Prototypage rapide	262
3.6.2 Découpage sans contact	127	3.10.2 Outillage rapide	264
3.7 Fabrication par enlèvement de copeaux, guidée à la main	131	3.11 Enduction	266
3.7.1 Bases	131	3.12 Atelier de fabrication et protection de l'environnement	270
3.7.2 Fabrication avec des outils à main	132	3.13 Practise your English	273
3.8 Fabrication avec des machines-outils	136		

4 Automatisation de la fabrication

4.1 Commandes CNC pour machines-outils	275	4.3 Machines-outils CNC automatisées	318
4.1.1 Caractéristiques des machines à commande CNC	275	4.3.1 Automatisation d'un centre d'usinage CNC	318
4.1.2 Coordonnées, points d'origine et points de références	279	4.3.2 Automatisation d'un tour CNC	320
4.1.3 Types de commande, correcteurs d'outils	281	4.4 Systèmes de transport dans des installations de fabrication automatisées	322
4.1.4 Création des programmes CNC selon ISO	284	4.5 Dispositifs de surveillance dans les machines-outils	323
4.1.5 Cycles et sous-programmes	289	4.6 Niveaux d'automatisation des installations de fabrication	324
4.1.6 Programmation de tours CNC	290	4.7 Exemple d'un système de fabrication automatisé pour arbres de transmission	325
4.1.7 Programmation defraiseuses CNC	298	4.8 Industrie 4.0	326
4.1.8 Processus de programmation	304	4.9 Exigences technico-commerciales et objectifs de la fabrication	328
4.1.9 Usinage à 5 axes selon PAL	306	4.10 Flexibilité et productivité d'installations de fabrication	328
4.2 Technique de manutention dans l'automatisation	310	4.11 Practise your English	330
4.2.1 Technique des systèmes de manutention	310		
4.2.2 Classification des systèmes de manutention	311		
4.2.3 Cinématique et types de construction de robots industriels	311		
4.2.4 Unités fonctionnelles de robots industriels	313		
4.2.5 Programmation des robots industriels	313		
4.2.6 Systèmes de coordonnées	314		
4.2.7 Types de mouvements des robots industriels	315		
4.2.8 Communication des robots industriels et des périphéries	316		
4.2.9 Sécurité dans l'utilisation de systèmes de manutention	317		

5 Technique des matériaux

5.1 Aperçu des matériaux et des matières auxiliaires	332	5.8.3 Structure en cas d'augmentation de la température	373
5.2 Choix et propriétés des matériaux	334	5.8.4 Le recuit	374
5.3 Structure interne des métaux	340	5.8.5 Trempe	375
5.3.1 Structure interne et propriétés des métaux	340	5.8.6 Amélioration	379
5.3.2 Types de mailles dans les métaux	341	5.8.7 Durcissement de surface	380
5.3.3 Défaut structurel dans le cristal	342	5.8.8 Exemple de fabrication : traitement thermique d'une griffe de serrage	383
5.3.4 Formation de la structure du métal	342	5.9 Matières plastiques	384
5.3.5 Types de structure et propriétés du matériau	343	5.9.1 Propriétés et utilisation	384
5.3.6 Structure des métaux purs et structure des alliages	344	5.9.2 Composition chimique et fabrication	385
5.4 Aciers et matériaux en fonte de fer	345	5.9.3 Classification technologique et structure interne	386
5.4.1 Production de la fonte de première fusion	345	5.9.4 Thermoplastes	387
5.4.2 Production de l'acier	346	5.9.5 Duroplastes	389
5.4.3 Système de désignation des aciers	349	5.9.6 Elastomères	390
5.4.4 Classification des aciers selon leur composition et leurs classes de qualité	352	5.9.7 Valeurs caractéristiques des matières plastiques	390
5.4.5 Les nuances d'acier et leur utilisation	353	5.10 Matériaux composites	392
5.4.6 Formes commerciales des aciers	355	5.11 Essais des matériaux	397
5.4.7 Éléments d'alliage et résiduels des aciers et des matériaux en fonte de fer	356	5.11.1 Essai des propriétés technologiques	397
5.4.8 Production des matériaux en fonte de fer	357	5.11.2 Contrôle des propriétés mécaniques	398
5.4.9 Le système de désignation des matériaux en fonte de fer	358	5.11.3 Essai de résilience	400
5.4.10 Types de matériaux en fonte de fer	359	5.11.4 Essais de dureté	401
5.4.11 Comparaison entre la teneur en carbone des aciers et celle des métaux ferreux de fonderie	361	5.11.5 Essai de fatigue	405
5.5 Métaux non ferreux	362	5.11.6 Essai de charge de fonctionnement	406
5.5.1 Métaux légers	362	5.11.7 Essais non destructifs	406
5.5.2 Métaux lourds	364	5.11.8 Contrôles métallographiques	407
5.6 Matériaux frittés	367	5.11.9 Contrôle des caractéristiques des matières plastiques	408
5.7 Matériaux en céramique	369	5.12 Problèmes environnementaux causés par les matériaux et les matières auxiliaires	409
5.8 Traitements thermiques des aciers	371	5.13 Practise your English	411
5.8.1 Types de structures des matériaux ferreux	371		
5.8.2 Diagramme de phases fer-carbone	372		

6 Génie mécanique

6.1	Classification des machines	413	6.4.3	Guidages	458
6.2	Unités fonctionnelles des machines et appareils	421	6.4.4	Joint d'étanchéité	461
6.2.1	Structure interne des machines	421	6.4.5	Ressorts	463
6.2.2	Unités fonctionnelles d'une machine-outil CNC	423	6.5	Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie	465
6.2.3	Unités fonctionnelles d'une climatisation	425	6.5.1	Arbres et axes	465
6.2.4	Dispositifs de sécurité sur des machines	426	6.5.2	Accouplements	467
6.3	Unités fonctionnelles pour la liaison	428	6.5.3	Entraînements par courroie	472
6.3.1	Filetage	428	6.5.4	Entraînements par chaîne	474
6.3.2	Assemblages par vis	430	6.5.5	Entraînements par roues dentées	476
6.3.3	Assemblages par goupilles	438	6.6	Unités d'entraînement	479
6.3.4	Assemblages par rivets	440	6.6.1	Moteurs électriques	479
6.3.5	Liaisons arbre – moyeu	442	6.6.2	Transmission	486
6.4	Unités fonctionnelles pour l'appui et le soutien	446	6.6.3	Entraînements pour des mouvements rectilignes (entraînements linéaires)	492
6.4.1	Frottement et lubrifiants	446	6.7	Practise your English	494
6.4.2	Paliers	449			

7 Electrotechnique

7.1	Le circuit de courant électrique	495	7.7	Mesures de protection sur les machines électriques	504
7.2	Circuit de résistance	498	7.8	Consignes relatives au maniement des appareils électriques	506
7.3	Types de courant	500	7.9	Practise your English	507
7.4	Puissance et énergie électrique	501			
7.5	Dispositifs de protection contre les surintensités	502			
7.6	Défaillances sur les installations électriques ..	503			

8 Montage, mise en service, entretien

8.1	Technique de montage	508	8.3.6	Inspection	529
8.1.1	Planification du montage	508	8.3.7	Remise en état	531
8.1.2	Formes d'organisation du montage	509	8.3.8	Améliorations	533
8.1.3	Automatisation du montage	509	8.3.9	Détection de défauts et de sources d'erreurs ..	534
8.1.4	Exemples de montage	510	8.4	Corrosion et protection contre la corrosion ..	535
8.2	Mise en service	516	8.4.1	Causes de corrosion	535
8.2.1	Implantation de machines ou d'installations ..	517	8.4.2	Types de corrosion et leur aspect	537
8.2.2	Mise en service de machines ou d'installations	518	8.4.3	Mesures de protection anticorrosion	538
8.2.3	Réception de machines ou d'installations	520	8.5	Analyse de la sécurité et évitement des dommages	541
8.3	Entretien	521	8.6	Sollicitation et solidité des éléments de construction	543
8.3.1	Domaines d'activité et définitions	521	8.7	Practise your English	545
8.3.2	Termes de la maintenance	522			
8.3.3	Objectifs de la maintenance	523			
8.3.4	Concepts de maintenance	523			
8.3.5	Entretien	526			

9 Technique de commande

9.1 Pilotage et régulation	547	9.4.4 Exemples de commandes électropneumatiques	588
9.1.1 Bases de la technique de commande	547	9.4.5 Îlots de vannes	593
9.1.2 Bases de la technique de régulation	549	9.5 Commandes hydrauliques	594
9.2 Principes et éléments de base des commandes	553	9.5.1 Alimentation électrique et conditionnement du fluide	595
9.2.1 Mode de fonctionnement des commandes	553	9.5.2 Éléments de travail et accumulateurs hydrauliques	597
9.2.2 Éléments des commandes	554	9.5.3 Vannes hydrauliques	601
9.3 Commandes pneumatiques	559	9.5.4 Systèmes hydrauliques proportionnels	605
9.3.1 Sous-ensembles des installations pneumatiques	559	9.5.5 Conduites hydrauliques et accessoires	607
9.3.2 Composants pneumatiques	560	9.5.6 Exemples de circuits hydrauliques	609
9.3.3 Schémas des commandes pneumatiques	569	9.6 Automates Programmables Industriels (API)	612
9.3.4 Projet de schéma de connexion systématique	570	9.6.1 Micro-API (module logique)	612
9.3.5 Exemples de commandes pneumatiques	574	9.6.2 Automates programmables industriels modulaires (API modulaire)	615
9.3.6 Technologie du vide	577	9.7 Practise your English	624
9.4 Commandes électropneumatiques	579		
9.4.1 Composants des commandes à contact électrique	579		
9.4.2 Capteurs et éléments de signalisation	582		
9.4.3 Câblage avec des borniers	587		

10 Projets techniques

10.1 Fondements du travail de projet	625	10.3.4 La phase de mise en œuvre avec réalisation du projet	636
10.1.1 Organisation du travail en ligne et en projet	625	10.3.5 L'achèvement du projet	638
10.1.2 Le concept du projet	625	10.4 Modèles méthodologiques modifiés dans le travail de projet	639
10.1.3 Types de projets techniques	626	10.5 Documentation et documents techniques	640
10.2 Travail de projet en tant qu'action complète et résolution planifiée de problèmes	626	10.5.1 Élaboration de dossiers et documentations techniques	640
10.3 Elaborer les projets par phases, à l'exemple de projet du dispositif de levage	627	10.5.2 Instructions	640
10.3.1 La phase d'initialisation	627	10.5.3 Communication technique	641
10.3.2 La phase de définition	628	10.5.4 Solutions Office dans la documentation	647
10.3.3 La phase de planification avec développement du concept	631	10.6 Practise your English	652

Champ d'apprentissage

Champ d'apprentissage: Fabrication de composants avec des outils à main	654
Champ d'apprentissage: Fabrication de composants avec des machines	656
Champ d'apprentissage: Fabrication de sous-groupes simples	658
Champ d'apprentissage: Entretien des systèmes techniques	660
Champ d'apprentissage: Fabrication de pièces distinctes avec des machines-outils	662
Champ d'apprentissage: Installation et mise en service des systèmes de technique de régulation	664
Champ d'apprentissage: Montage des systèmes techniques	666
Champ d'apprentissage: Programmation et fabrication sur les machines-outils à commande numérique	668
Champ d'apprentissage: Remise en état des systèmes techniques	670
Champ d'apprentissage: Fabrication et mise en service des systèmes techniques partiels	672
Champ d'apprentissage: Suivi de la qualité des produits et processus	674
Champ d'apprentissage: Entretien des systèmes techniques	676
Champ d'apprentissage: Assurance de la capacité de fonctionnement des systèmes automatisés	678

Répertoire des entreprises et crédit photos	680
--	-----

Index avec traduction en anglais	683
---	-----

Boussole de champ d'apprentissage

Avec la boussole de champ d'apprentissage, on apporte une aide à l'utilisateur en écoles professionnelles dans le domaine de la technologie des métaux qui permet de servir de support thématique au cours.

Les contenus du cours professionnel Métal sont structurés de façon logique afin de permettre aux enseignants et aux élèves un niveau élevé de liberté didactique et méthodologique. La structure choisie dans l'ouvrage doit conduire les élèves à élaborer de façon indépendante les différents contenus disciplinaires requis dans les champs d'apprentissage.

Le choix des chapitres qui suit pour les champs d'apprentissage issus des différents plans d'études cadres montre l'affectation des chapitres et les contenus du manuel spécialisé concernant les différents champs d'apprentissage. Il sert de suggestion et de référence afin de pouvoir effectuer un enseignement ciblé par champ d'apprentissage. Informations sur l'enseignement orienté sur le domaine d'apprentissage : voir p. 653

Champ d'apprentissage	Informations factuelles dans le livre (exemples)
Fabrication de composants avec des outils à main Préparation et fabrication des composants professionnels avec des outils à main. Création et modification des dessins pour sous-groupes simples. Planification des étapes de travail avec des outils et des matériaux et mise en œuvre des calculs. Sélection, application des moyens de contrôle appropriés et contrôle des résultats. Détermination approximative des coûts de fabrication. Documentation et présentation des résultats de travail. Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	Projet : Porte-clés 654 3.7.2 Fabrication avec des outils à main 1.2 Bases de la métrologie 1.2.1 Notions de base 1.2.2 Erreurs de mesure 1.2.3 Capabilité des moyens de mesure 1.3 Moyens de contrôle des longueurs 1.5 Tolérances et ajustements 2.7.1 Planification des contrôles 3.2 Différents procédés de fabrication 3.5.1 Comportement des matériaux lors du formage 3.5.2 Procédés de formage 3.5.3 Déformation plastique par flexion 3.6 Coupe 3.6.1 Cisaillage 5.1 Aperçu des matériaux et des matières auxiliaires 5.2 Choix et propriétés des matériaux 5.4 Aciers et matériaux en fonte de fer 5.5 Métaux non ferreux 5.9 Matières plastiques 5.10 Matériaux composites 10.5 Documentation des documents techniques 3.1 Sécurité au travail 3.12 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 5.12 Problèmes environnementaux causés par les matériaux et les matières auxiliaires
Fabrication de composants avec des machines Evaluation des dessins et des listes de pièces. Choix des matériaux selon les propriétés spécifiques. Planification du déroulement de la fabrication avec des calculs. Conception et fonctionnement des machines. Utilisation des outils. Choix et utilisation des moyens de contrôle.	Projet : Dispositif de serrage pour pièces rondes 656 6.6 Unités d'entraînement 6.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie 1.4 Contrôle des états de surface 1.5 Tolérances et ajustements 3.8 Fabrication avec des machines-outils 3.9 Liaison 5.4 Aciers et matériaux en fonte de fer 6.6 Unités d'entraînement 6.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie 6.1 Classification des machines 6.2 Unités fonctionnelles des machines et appareils 3.8.1 Matériaux de coupe 1.2 Bases de la métrologie 1.2.1 Notions de base

Champ d'apprentissage	Informations factuelles dans le livre (exemples)
	1.2.2 Erreurs de mesure 1.2.3 Capabilité des moyens de mesure 1.3 Moyens de contrôle des longueurs 2 Management de la qualité 2.3 Exigences de qualité 2.4 Caractéristiques de qualité et défauts 2.7.1 Planification des contrôles
Documentation et présentation des résultats de travail.	10.5 Documentation des documents techniques
Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	3.1 Sécurité au travail 3.12 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 5.12 Problèmes environnementaux causés par les matériaux et les matières auxiliaires
Fabrication de sous-groupes simples	Projet : Support de perçage pour perceuse à main . . . 658
Lecture et compréhension de dessins de groupes et de schémas de connexion. Planification de commandes simples. Montage de sous-groupes. Marquage de pièces conformes à la norme.	6.1 Classification des machines 6.4 Unités fonctionnelles pour l'appui et le soutien 6.6 Unités d'entraînement 6.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie 9.3.3 Schémas des commandes pneumatiques 9.3.4 Projet de schéma de connexion systématique 9.3.5 Exemples de commandes pneumatiques
Distinction du procédé d'assemblage. Choix des outils et des pièces normalisées.	3.9 Liaison 5.4 Aciers et matériaux en fonte de fer
Documentation et présentation des résultats de travail.	2 Management de la qualité 2.1 Domaines de travail du MQ 2.2 La série de normes EN ISO 9000 2.3 Exigences de qualité 2.4 Caractéristiques de qualité et défauts
Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	10.1.1 Organisation du travail en ligne et en projet 10.5.3 Communication technique 10.5.4 Solutions Office dans la documentation 3.1 Sécurité au travail 3.12 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 5.12 Problèmes environnementaux causés par les matériaux et les matières auxiliaires
Entretien des systèmes techniques	Projet : Entretien d'une perceuse à colonne 660
Évaluation des mesures de maintenance	1 Métrologie 1.1 Grandeurs et unités 8.3 Entretien 8.4 Corrosion et protection contre la corrosion 8.5 Analyse de la sécurité et évitement des dommages 8.6 Sollicitation et solidité des éléments de construction
Planification des travaux d'entretien, détermination des outils et des matières auxiliaires.	5.1.3 Matières auxiliaires et énergie 6.6 Unités d'entraînement 6.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie 6.4.1 Lubrifiants 8.3.6 Inspection
Documentation et présentation des résultats de travail.	10.5 Documentation des documents techniques
Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	3.1 Sécurité au travail 3.12 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 5.12 Problèmes environnementaux causés par les matériaux et les matières auxiliaires

Champ d'apprentissage	Informations factuelles dans le livre (exemples)
Fabrication de pièces distinctes avec des machines-outils	Projet : Élément de serrage hydraulique 662
Fabrication de pièces à partir de différents matériaux sur des machines-outils.	3.8 Fabrication avec des machines-outils 5.4.3 Système de désignation des aciers 2.4 Caractéristiques de qualité et défauts 2.7.1 Planification des contrôles
Sélection des procédés de fabrication appropriés et choix du moyen de serrage pour outils et pièces.	1.2 Bases de la métrologie 1.3 Moyens de contrôle des longueurs 1.4 Contrôle des états de surface 1.5 Tolérances et ajustements 1.7 Contrôle de la forme et de la position
Recuit, trempe, trempe et revenu.	5.4 Aciers et matériaux en fonte de fer 2.4 Caractéristiques de qualité et défauts 2.7.1 Planification des contrôles 5.8 Traitement thermique des aciers
Développement des plans de contrôle avec les moyens de management de la qualité.	
Installation et mise en service des systèmes de technique de régulation	Projet : Séparation des différentes billes en métal 664
Installation et mise en service des systèmes de technique de régulation. Détermination des composants et des séquences fonctionnelles dans différentes techniques d'appareils à partir de commandes. Conception et mise en service des différentes commandes.	6.1 Classification des machines 10.3 Elaborer des projets par phases, en prenant un dispositif élévateur comme exemple 6.6 Unités d'entraînement 9.2 Principes et éléments de base de commande 9.3 Commandes pneumatiques 9.4 Commandes électropneumatiques 9.5 Commandes hydrauliques
Montage des systèmes techniques	Projet : Engrenages coniques 666
Montage des systèmes techniques partiels et création des plans de montage. Montage des sous-groupes. Réalisation d'un contrôle fonctionnel et création d'un procès-verbal d'essai. Grandeurs caractéristiques de résistance.	1.5 Tolérances et ajustements 1.7 Contrôle de la forme et de la position 3.9 Liaison 6.4 Unités fonctionnelles pour l'appui et le soutien 5.11 Essais des matériaux 10.5 Documentation des documents techniques
Documentation et présentation des résultats de travail.	
Programmation et fabrication sur les machines-outils à commande numérique	Projet : Arbre de transmission et les chapeaux de palier 668
Fabrication de composants sur des machines-outils à commande numérique. Création de plans de travail et d'outil.	4.1 Commandes CNC pour machines-outils 4.1.2 Coordonnées, points d'origine et points de référence 4.1.3 Types de commande, correcteurs d'outils 4.1.4 Création des programmes CNC selon ISO 4.1.5 Cycles et sous-programmes 4.1.6 Programmation de tours CNC 4.1.7 Programmation de fraiseuses CNC 4.6 Niveaux d'automatisation des installations de fabrication 2.3 Exigences de qualité 2.4 Caractéristiques de qualité et défauts
Mise en place de la machine-outils. Développement des programmes CNC.	4.1.2 Coordonnées, points d'origine et points de référence 4.1.3 Types de commande, correcteurs d'outils 4.1.4 Création des programmes CNC selon ISO 4.1.5 Cycles et sous-programmes 4.1.6 Programmation de tours CNC 4.1.7 Programmation de fraiseuses CNC
Développement des plans de contrôle avec les moyens de management de la qualité.	2.7.1 Planification des contrôles 1.2 Bases de la métrologie 1.4 Contrôle des états de surface 1.5 Tolérances et ajustements 1.7 Contrôle de la forme et de la position