

# 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.

Champ d'apprentissage	Informations factuelles dans le livre (exemples)
<b>Fabrication de composants avec des outils à main</b> 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.	<b>Projet : Porte-clés</b> ..... 638  3.6.2 Fabrication avec des outils à main  1.2 Bases de la métrologie 1.2.1 Notions de base 1.2.2 Écarts de mesure 1.2.3 Capabilité des moyens de mesure 1.3 Moyens de contrôle des longueurs 1.5 Tolérances  2.7.1 Planification des contrôles 3.2 Les différents procédés de fabrication 3.4.1 Comportement des matériaux 3.4.2 Procédés de formage 3.4.3 Déformation plastique par flexion 3.5 Coupe 3.5.1 Cisailage 4.1 Aperçu des matériaux et des matières auxiliaires 4.2 Choix et propriétés des matériaux 4.4 Aciers et matériaux de fonte 4.5 Métaux NF 4.9 Matières plastiques 4.10 Matériaux composites  10.5 Documentation des projets techniques  3.1 Sécurité au travail 3.11 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 4.12 Problèmes environnementaux des matériaux et matières auxiliaires
<b>Fabrication de composants avec des machines</b>  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.	<b>Projet : Dispositif de serrage pour pièces rondes</b> .... 640  5.6 Unités d'entraînement 5.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie  1.4 Contrôle des états de surface  1.5 Tolérances et ajustements 3.7 Fabrication avec des machines-outils 3.8 Liaison 4.4 Aciers et matériaux en fonte de fer 5.6 Unités d'entraînement 5.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie  5.1 Classification des machines 5.2 Unités fonctionnelles des machines 3.7.1 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 Écarts 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 projets techniques
Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	3.1 Sécurité au travail 3.11 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 4.12 Problèmes environnementaux des matériaux et matières auxiliaires
<b>Fabrication de sous-groupes simples</b>	<b>Projet : Perceuse à colonne pour perceuse à main ... 642</b>
Lecture et compréhension de dessins de groupes et de schémas de connexion.	5.1 Classification des machines
Planification de commandes simples.	5.4 Unités fonctionnelles des machines
Montage de sous-groupes.	5.6 Unités d'entraînement
Marquage de pièces conformes à la norme.	5.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie 8.3.3 Schémas de connexion des commandes pneumatiques 8.3.4 Projet de schéma de connexion systématique 8.3.5 Grafset
Distinction du procédé d'assemblage.	3.8 Liaison
Choix des outils et des pièces normalisées.	4.4 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 Normes MQ 2.3 Exigences de qualité 2.4 Caractéristiques de qualité et défauts 10.1.1 Organisation du travail en ligne et en projet 10.5.1 Traitement de texte 10.5.2 Tableur 10.5.3 Logiciel de visualisation 10.5.4 Communication technique
Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	3.1 Sécurité au travail 3.11 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 4.12 Problèmes environnementaux des matériaux et matières auxiliaires
<b>Entretien des systèmes techniques</b>	<b>Projet : Entretien d'une perceuse à colonne ..... 644</b>
Évaluation des mesures de maintenance	1 Métrologie 1.1 Grandeurs et unités 7.3 Entretien 7.4 Corrosion et protection anticorrosion 7.5 Analyse et prévention des dégâts 7.6 Sollicitation et résistance des composants
Planification des travaux d'entretien, détermination des outils et des matières auxiliaires.	4.1.3 Matières auxiliaires et énergie 5.6 Unités d'entraînement 5.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie 7.3.6 Lubrifiants 7.3.7 Inspection
Documentation et présentation des résultats de travail.	10.5 Documentation des projets techniques
Respect des dispositions en matière de sécurité au travail et de protection de l'environnement.	3.1 Sécurité au travail 3.11 Atelier de fabrication et protection de l'environnement 4.12 Problèmes environnementaux des matériaux et matières auxiliaires

## Champ d'apprentissage

## Informations factuelles dans le livre (exemples)

### Fabrication de pièces distinctes avec des machines-outils

Fabrication de pièces à partir de différents matériaux sur des machines-outils.

Sélection des procédés de fabrication appropriés et choix du moyen de serrage pour outils et pièces.

Recuit, trempe, trempe et revenu.

Développement des plans de contrôle avec les moyens de management de la qualité.

### Installation et mise en service des systèmes de technique de régulation

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.

### Montage des systèmes techniques

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.

Documentation et présentation des résultats de travail.

### Programmation et fabrication sur les machines-outils à commande numérique

Fabrication de composants sur des machines-outils à commande numérique.

Création de plans de travail et d'outil.

Mise en place de la machine-outils.

Développement des programmes CNC.

Développement des plans de contrôle avec les moyens de management de la qualité.

### Projet : Élément de serrage hydraulique ..... 646

3.7 Fabrication avec des machines-outils

4.4.3 Système de désignation des aciers

2.4 Caractéristiques de qualité et défauts

2.7.1 Planification des contrôles

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

1.6 Contrôle de la forme et de la position

4.4 Aciers et matériaux en fonte de fer

2.4 Caractéristiques de qualité et défauts

2.7.1 Planification des contrôles

4.8 Traitement thermique des aciers

### Projet : Séparation des différentes billes en métal ..... 648

5.1 Classification des machines

10.3 Elaboration de projets en phases

5.6 Unités d'entraînement

8.2 Bases et éléments de base de commande

8.3 Commandes pneumatiques

8.4 Commandes électropneumatiques

8.5 Commandes hydrauliques

### Projet : Engrenages coniques ..... 650

1.5 Tolérances et ajustements

1.6 Contrôle de la forme et de la position

3.8 Liaison

5.4 Unités fonctionnelles pour l'appui et le soutien

4.11 Essai du matériau

10.5 Documentation des projets techniques

### Projet : Arbre de transmission et les chapeaux de palier ..... 652

9.1 Commandes CNC

9.1.2 Coordonnées, points zéro et points de référence

9.1.3 Mesure de l'outil et corrections

9.1.4 Principes de la programmation CNC

9.1.5 Cycles et sous-programmes

9.1.6 Programmation des tours à commande numérique

9.1.7 Programmation des fraiseuses CNC

9.2 Installations de fabrication automatisées

2.3 Exigences de qualité

2.4 Caractéristiques de qualité et défauts

9.1.2 Coordonnées, points zéro et points de référence

9.1.3 Mesure de l'outil et corrections

9.1.4 Principes de la programmation CNC

9.1.5 Cycles et sous-programmes

9.1.6 Programmation des tours à commande numérique

9.1.7 Programmation des fraiseuses CNC

2.7.1 Planification des contrôles

1.2 Bases de la métrologie

1.4 Contrôle des états de surface

1.5 Tolérances et ajustements

1.6 Contrôle de la forme et de la position

Champ d'apprentissage	Informations factuelles dans le livre (exemples)	
<b>Remise en état des systèmes techniques</b>	<b>Projet : Moteur de broche d'une fraiseuse CNC . . . . . 654</b>	
Planification des mesures de remise en état.	7.5	Analyse et prévention des dégâts
	7.6	Sollicitation et résistance des composants
	3.8	Liaison
Démontage des systèmes partiels.	4.8	Traitement thermique des aciers
Analyse et documentation des erreurs.	4.11	Essai du matériau
	5.4.1	Frottement et lubrifiants
	7.3.6	Lubrifiants
	7.3.8	Remise en état
	7.3.9	Améliorations
Remplacement et montage des composants défectueux.	10.5	Documentation des projets techniques
<hr/>		
<b>Fabrication et mise en service des systèmes techniques partiels</b>	<b>Projet : Entraînement d'avance d'une fraiseuse CNC . . . . . 656</b>	
Description des relations fonctionnelles des composants et des sous-groupes.	3.7.10	Brochage
Choix des procédés de fabrication et des accessoires de montage appropriés.	3.7.11	Superfinition
Assemblage et mise en service des systèmes partiels aux systèmes globaux.	3.8	Liaison
Contrôle de la cession.	7.2	Mise en service
	10.5	Documentation des projets techniques
<hr/>		
<b>Suivi de la qualité des produits et processus</b>	<b>Projet : Niveau à bulle . . . . . 658</b>	
Réalisation des études de capacité des machines et des processus.	2.5	Outils du management de la qualité
Enregistrement des données de processus et évaluation des grandeurs caractéristiques.	2.6	Maîtrise de la qualité
Distinction entre les facteurs systématiques et aléatoires.	2.7	Assurance de la qualité
Suivi du processus de production dans la production de masse et en série avec les méthodes de l'assurance de la qualité, documentation du déroulement et déduction des mesures correctives.	2.8	Capabilité des machines
	2.9	Capabilité des procédés
	2.10	Contrôle statistique des procédés avec cartes de contrôle de la qualité
	2.12	Processus d'amélioration continu
	10.5	Documentation des projets techniques
<hr/>		
<b>Entretien des systèmes techniques</b>	<b>Projet : Installation de remplissage . . . . . 660</b>	
Entretien des systèmes techniques.	2.12	Processus d'amélioration continu
Recherche des causes d'erreurs.	2.5	Outils du MQ
Réalisation d'une analyse des points faibles et choix des procédés de contrôle et des moyens de contrôle.	7.3	Entretien
	7.5	Analyse et prévention des dégâts
	7.6	Sollicitation et résistance des composants
	7.2.3	Enlèvement des machines ou installations
	10.3.3.1	Organisation du projet
Remise des systèmes techniques.	10.3.5	Achèvement du projet
<hr/>		
<b>Assurance de la capacité de fonctionnement des systèmes automatisés</b>	<b>Projet : Automatisation d'un poste de travail manuel . . . . . 662</b>	
Analyse des systèmes automatisés et sécurisation de la capacité de fonctionnement.	2.12	Processus d'amélioration continu
Elimination des pannes, élaboration de stratégies pour l'isolation des pannes et optimisation des processus.	8.6	Commandes programmables
Respect de la protection de travail lors du maniement des systèmes de fabrication et de manutention.	8.7	Technique de manutention dans l'automatisation
	10.3.2	Phase de définition
	10.3.3.1	Organisation du projet
	10.3.5	Achèvement du projet

# Sommaire

## 1 Métrologie

1.1	Grandeurs et unités	13
1.2	Bases de la métrologie	15
1.2.1	Notions de base	15
1.2.2	Écarts de mesure	18
1.2.3	Capabilité des moyens de contrôle, surveillance des moyens de contrôle	21
1.3	Moyens de contrôle des longueurs	23
1.3.1	Règles de mesure, jauges et cales étalon	23
1.3.2	Instruments de mesure mécaniques et électroniques	26
1.3.3	Instruments de mesure pneumatiques	34
1.3.4	Instruments de mesure électroniques	36
1.3.5	Instruments de mesure optoélectroniques	37
1.3.6	Technique multicapteurs dans des instruments de mesure des coordonnées	39

## 2 Management de la qualité

2.1	Domaines de travail du MQ	67
2.2	La série de normes EN ISO 9000	68
2.3	Exigences de qualité	68
2.4	Caractéristiques de qualité et défauts	69
2.5	Outils du management de la qualité	70
2.6	Maîtrise de la qualité	73
2.7	Assurance de la qualité	74
2.8	Capabilité des procédés	78

## 3 Technique de fabrication

3.1	Sécurité au travail	89
3.2	Les différents procédés de fabrication	91
3.3	Moulage	93
3.3.1	Moules et modèles	93
3.3.2	Moulage en moules perdus	94
3.3.3	Moulage en moules permanents	97
3.3.4	Matériaux de moulage	98
3.3.5	Défauts de coulée	98
3.3.6	Formage des matières plastiques	99
3.3.7	Mise en forme des produits semi-finis et finis	104
3.4	Formage	106
3.4.1	Comportement des matériaux lors du formage	106
3.4.2	Procédés de formage	106
3.4.3	Déformation plastique par flexion	107
3.4.4	Déformation plastique par traction et compression	110
3.4.5	Déformation plastique par compression	114
3.4.6	Presses	116
3.5	Coupe	117
3.5.1	Cisaillage	117
3.5.2	Découpage sans contact	122
3.6	Usinage par enlèvement de copeaux	126
3.6.1	Bases	126
3.6.2	Fabrication avec des outils à main	127
3.7	Fabrication avec des machines-outils	131
3.7.1	Matériaux de coupe	131
3.7.2	Lubrifiants réfrigérants	135
3.7.3	Sciage	138
3.7.4	Perçage, taraudage, fraisage, alésage	139

1.4	Contrôle des états de surfaces	41
1.4.1	Profil des surfaces	41
1.4.2	Paramètres d'état de surface	42
1.4.3	Procédés de contrôle des surfaces	43
1.5	Tolérances et ajustements	45
1.5.1	Tolérances	45
1.5.2	Ajustements	49
1.6	Contrôle de la forme et de la position	53
1.6.1	Tolérances de forme et de position	53
1.6.2	Contrôle des surfaces planes et inclinées	55
1.6.3	Contrôle de la circularité, de la coaxialité et du battement	58
1.6.4	Contrôle des filetages	63
1.6.5	Contrôle de la conicité	65
1.7	Practice your English	66

2.9	Performance des procédés	81
2.10	Maîtrise statistique des procédés au moyen de cartes de contrôle de la qualité	82
2.11	Audit et certification	85
2.12	Processus d'amélioration continu: les collaborateurs optimisent les procédés	86
2.13	Practice your English	87

3.7.5	Fraisage et chanfreinage de trous	148
3.7.6	Alésage	149
3.7.7	Tournage	151
3.7.8	Fraisage	171
3.7.9	Rectification	188
3.7.10	Brochage	200
3.7.11	Superfinition	202
3.7.12	Enlèvement par électro-érosion	208
3.7.13	Dispositifs et éléments de serrage sur des machines-outils	212
3.7.14	Exemple de fabrication d'une bride de serrage	219
3.8	Liaison	223
3.8.1	Procédé de liaison	223
3.8.2	Assemblage par sertissage et par enclenchement	226
3.8.3	Collage	228
3.8.4	Brasage	230
3.8.5	Soudage	236
3.9	Procédés de fabrication additifs	249
3.9.1	Prototypage rapide	249
3.9.2	Outils rapide	251
3.9.3	Fabrication rapide	251
3.10	Enduction	252
3.11	Atelier de fabrication et protection de l'environnement	256
3.12	Practice your English	259

## 4 Technique des matériaux

<b>4.1 Aperçu des matériaux et des matières auxiliaires</b>	261	<b>4.8.1 Types de structure des matériaux ferreux</b>	300
<b>4.2 Choix et propriétés des matériaux</b>	263	<b>4.8.2 Diagramme de phases fer-carbone</b>	301
<b>4.3 Structure interne des métaux</b>	269	<b>4.8.3 Structure en cas d'augmentation de la température</b>	302
4.3.1 Structure interne, propriétés	269	<b>4.8.4 Le recuit</b>	303
4.3.2 Types de mailles dans les métaux	270	<b>4.8.5 Trempe</b>	304
4.3.3 Défaut structurel dans le cristal	271	<b>4.8.6 Amélioration</b>	308
4.3.4 Formation de la structure du métal	271	<b>4.8.7 Durcissement de surface</b>	309
4.3.5 Types de structure et propriétés du matériau	272	<b>4.8.8 Exemple de fabrication: traitement thermique d'une griffe de serrage</b>	312
4.3.6 Structure des métaux purs et structure des alliages	273	<b>4.9 Matières plastiques</b>	313
<b>4.4 Aciers et matériaux de fonte de fer</b>	274	4.9.1 Propriétés et utilisation	313
4.4.1 Production de la fonte de première fusion	274	4.9.2 Composition chimique et fabrication	314
4.4.2 Production de l'acier	275	4.9.3 Classification technologique et structure interne	315
4.4.3 Système de désignation des aciers	278	4.9.4 Thermoplastes	316
4.4.4 Classification des aciers selon leur composition et leurs classes de qualité	281	4.9.5 Duroplastes	318
4.4.5 Les nuances d'acier et leur utilisation	282	4.9.6 Elastomères	319
4.4.6 Formes commerciales des aciers	284	4.9.7 Valeurs caractéristiques des matières plastiques	319
4.4.7 Eléments d'alliage et résiduels des aciers et des matériaux en fonte de fer	285	<b>4.10 Matériaux composites</b>	321
4.4.8 Production des matériaux en fonte de fer	286	<b>4.11 Essais des matériaux</b>	326
4.4.9 Le système de désignation des matériaux en fonte de fer	287	4.11.1 Essai des propriétés technologiques	326
4.4.10 Types de matériaux en fonte de fer	288	4.11.2 Contrôle des propriétés mécaniques	327
4.4.11 Comparaison entre la teneur en carbone des aciers et celle des métaux ferreux de fonderie	290	4.11.3 Essai de résilience	329
<b>4.5 Métaux non ferreux (métaux NF)</b>	291	4.11.4 Essais de dureté	330
4.5.1 Métaux légers	291	4.11.5 Essai de fatigue	334
4.5.2 Métaux lourds	293	4.11.6 Essai de charge en fonctionnement	335
<b>4.6 Matériaux frittés</b>	296	4.11.7 Essais non destructifs	335
<b>4.7 Matériaux en céramique</b>	298	4.11.8 Contrôles métallographiques	336
<b>4.8 Traitements thermiques des aciers</b>	300	4.11.9 Essais sur les matières plastiques	337
		<b>4.12 Problèmes environnementaux causés par les matériaux et les matières auxiliaires</b>	338
		<b>4.13 Practice your English</b>	340

## 5 Technique des machines

<b>5.1 Classification des machines</b>	342	<b>5.4.2 Paliers à glissement</b>	378
<b>5.2 Unités fonctionnelles des machines et appareils</b>	350	<b>5.4.3 Guidages</b>	387
5.2.1 Structure interne de machines	350	<b>5.4.4 Joints d'étanchéité</b>	390
5.2.2 Unités fonctionnelles d'une machine-outil CNC	352	<b>5.4.5 Ressorts</b>	392
5.2.3 Unités fonctionnelles d'une climatisation	354	<b>5.5 Unités fonctionnelles pour la transmission d'énergie</b>	394
5.2.4 Dispositifs de sécurité sur des machines	355	5.5.1 Arbres et axes	394
<b>5.3 Unités fonctionnelles pour l'assemblage</b>	357	5.5.2 Accouplements	396
5.3.1 Filetage	357	5.5.3 Entraînements par courroie	401
5.3.2 Assemblages par vis	359	5.5.4 Entraînements par chaîne	403
5.3.3 Assemblages par goupilles	367	5.5.5 Entraînements par roues dentées	405
5.3.4 Assemblages par rivets	369	<b>5.6 Unités d'entraînement</b>	408
5.3.5 Liaisons arbre – moyeu	371	5.6.1 Moteurs électriques	408
<b>5.4 Unités fonctionnelles pour l'appui et le soutien</b>	375	5.6.2 Transmission	415
5.4.1 Frottement et lubrifiants	375	5.6.3 Entraînements pour des mouvements rectilignes (entraînements linéaires)	421
		<b>5.7 Practice your English</b>	423

## 6 Electrotechnique

<b>6.1 Circuit électrique</b>	424	<b>6.7 Mesures de protection en machines électriques</b>	433
<b>6.2 Couplage des résistances</b>	427	<b>6.8 Conseils à propos de l'utilisation d'appareils électriques</b>	435
<b>6.3 Types de courant</b>	429	<b>6.9 Practice your English</b>	436
<b>6.4 Puissance électrique et énergie électrique</b>	430		
<b>6.5 Dispositifs de protection contre les surintensités</b>	431		
<b>6.6 Défaillances sur des installations électriques</b>	432		

## 7 Montage, mise en service, entretien

7.1	<b>Technique de montage</b> .....	438	7.3.5	Entretien .....	456
7.1.1	Planification du montage .....	438	7.3.6	Inspection .....	459
7.1.2	Formes d'organisation du montage .....	439	7.3.7	Remise en état .....	461
7.1.3	Automatisation du montage .....	439	7.3.8	Améliorations .....	463
7.1.4	Exemples de montage .....	440	7.3.9	Détection de défauts et de sources d'erreurs .....	464
7.2	<b>Mise en service</b> .....	446	7.4	<b>Corrosion et protection contre la corrosion</b> .....	465
7.2.1	Implantation de machines ou d'installations .....	447	7.4.1	Causes de corrosion .....	465
7.2.2	Mise en service de machines ou d'installations .....	448	7.4.2	Types de corrosion et leur aspect .....	467
7.2.3	Réception de machines ou d'installations .....	450	7.4.3	Mesures de protection anticorrosion .....	468
7.3	<b>Maintenance</b> .....	451	7.5	<b>Analyse et prévention des dégâts</b> .....	471
7.3.1	Domaines d'activité et définitions .....	451	7.6	<b>Sollicitation et résistance des pièces</b> .....	473
7.3.2	Termes de la maintenance .....	452	7.7	<b>Practice your English</b> .....	475
7.3.3	Objectifs de la maintenance .....	453			
7.3.4	Concepts de maintenance .....	453			

## 8 Technique de commande

8.1	<b>Commande et réglage</b> .....	477	8.5.3	Vannes hydrauliques .....	531
8.1.1	Bases de la technique de commande .....	477	8.5.4	Systèmes hydrauliques proportionnelles .....	535
8.1.2	Bases de la technique de régulation .....	479	8.5.5	Conduites hydrauliques et accessoires .....	537
8.2	<b>Principes des commandes et éléments de base</b> .....	483	8.5.6	Exemples de circuits hydrauliques .....	539
8.2.1	Mode de fonctionnement des commandes .....	483	8.6	<b>Automates Programmables Industriels (API)</b> .....	542
8.2.2	Éléments des commandes .....	484	8.6.1	Micro-API .....	542
8.3	<b>Commandes pneumatiques</b> .....	489	8.6.2	Automates programmables industriels modulaires (API modulaire) .....	545
8.3.1	Sous-ensembles des installations pneumatiques .....	489	8.7	<b>Technique de manutention dans l'automatisation</b> .....	554
8.3.2	Composants pneumatiques .....	490	8.7.1	Technique des systèmes de manutention .....	554
8.3.3	Schémas pneumatiques .....	499	8.7.2	Classification des systèmes de manutention .....	555
8.3.4	Projet de schéma de connexion systématique .....	500	8.7.3	Cinématique et types de construction de robots industriels .....	555
8.3.5	Exemples de commandes pneumatiques .....	504	8.7.4	Unités fonctionnelles de robots industriels .....	557
8.3.6	Technologie du vide .....	507	8.7.5	Programmation des robots industriels .....	557
8.4	<b>Commandes électropneumatiques</b> .....	509	8.7.6	Systèmes de coordonnées .....	558
8.4.1	Composants des commandes à contact électrique .....	509	8.7.7	Types de mouvements des robots industriels .....	559
8.4.2	Capteurs des éléments de signalisation .....	512	8.7.8	Communication des robots industriels et des périphéries .....	560
8.4.3	Câblage avec des borniers .....	517	8.7.9	Sécurité dans l'utilisation de systèmes de manutention .....	561
8.4.4	Commandes électropneumatiques .....	518	8.8	<b>Practice your English</b> .....	562
8.4.5	Îlots de vannes .....	523			
8.5	<b>Commandes hydrauliques</b> .....	524			
8.5.1	Alimentation électrique et conditionnement du fluide .....	525			
8.5.2	Éléments de travail et accumulateur hydraulique .....	527			

## 9 Fabrication automatisée

9.1	<b>Commandes CNC</b> .....	564	9.2.2	Comparaison: Fabrication conventionnelle et fabrication automatisée .....	600
9.1.1	Caractéristiques des machines à commande .....	564	9.2.3	Automatisation des machines-outils .....	601
9.1.2	Coordonnées, points d'origine et points de référence .....	568	9.2.4	Niveaux d'automatisation des installations de fabrication .....	602
9.1.3	Types de commande, correcteurs d'outils .....	570	9.2.5	Systèmes de transport dans les systèmes de fabrications automatisés .....	605
9.1.4	Création des programmes CNC .....	573	9.2.6	Flux d'information dans les systèmes de fabrication automatisés .....	605
9.1.5	Cycles et sous-programmes .....	578	9.2.7	Exemple d'un système de fabrication automatisé pour arbres de transmission .....	606
9.1.6	Programmation de tours CNC .....	579	9.2.8	Flexibilité et productivité d'installations de fabrication .....	607
9.1.7	Programmation de fraiseuses CNC .....	587	9.3	<b>Practice your English</b> .....	608
9.1.8	Processus de programmation .....	593			
9.1.9	Usinage à 5 axes selon PAL .....	595			
9.2	<b>Installations de fabrication automatisées</b> .....	599			
9.2.1	Exigences économiques et objectifs .....	599			

## 10 Projets techniques

10.1	Principes du travail de projet	609	10.3.4	La phase de mise en œuvre avec réalisation du projet	620
10.1.1	Organisation du travail en ligne et en projet	609	10.3.5	L'achèvement du projet	622
10.1.2	Le concept du projet	609	10.4	Modification des modèles de processus pendant le travail de projet	623
10.1.3	Types de projets techniques	610	10.5	Documentation des projets techniques	624
10.2	Travail du projet sous forme d'action complète et résolution systématique des problèmes	610	10.5.1	Traitement de texte	625
10.3	Elaborer les projets en phase à l'exemple de projet du dispositif de levage	611	10.5.2	Tableur	627
10.3.1	La phase d'initialisation	611	10.5.3	Logiciel de visualisation	630
10.3.2	La phase de définition	612	10.5.4	Communication technique	633
10.3.3	La phase de planification avec développement du concept	615	10.6	Practice your English	636

## Champ d'apprentissage

Champ d'apprentissage:	Fabrication de composants avec des outils à main	638
Champ d'apprentissage:	Fabrication de composants avec des machines	640
Champ d'apprentissage:	Fabrication de sous-groupes simples	642
Champ d'apprentissage:	Entretien des systèmes techniques	644
Champ d'apprentissage:	Fabrication de pièces distinctes avec des machines-outils	646
Champ d'apprentissage:	Installation et mise en service des systèmes de technique de régulation	648
Champ d'apprentissage:	Montage des systèmes techniques	650
Champ d'apprentissage:	Programmation et fabrication sur les machines-outils à commande numérique	652
Champ d'apprentissage:	Remise en état des systèmes techniques	654
Champ d'apprentissage:	Fabrication et mise en service des systèmes techniques partiels	656
Champ d'apprentissage:	Suivi de la qualité des produits et processus	658
Champ d'apprentissage:	Entretien des systèmes techniques	660
Champ d'apprentissage:	Assurance de la capacité de fonctionnement des systèmes automatisés	662

Répertoire	664
------------	-----

Registre des termes techniques	667
--------------------------------	-----