

Technologie des Machines Meunerie



Technologie des Machines
Meunerie

Auteur:
Karl Ulmer



Meunerie classique | Production d'aliments fourragés
Décorticage des grains | Meunerie spéciale

Préface

Pour alimenter les individus et les animaux on transforme des céréales et d'autres matières premières. Les machines et installations utilisées influencent la qualité des produits fabriqués. Les exigences de la qualité et de l'efficacité énergétique ne peuvent être réalisées que grâce au développement technologique de grandes envergures. Le maniement précis et l'entretien soigné sont garants d'une production sans heurts.

La commission Suisse pour la formation professionnelle des meuniers (BBK Müller) s'efforce depuis plusieurs années de mettre à la disposition des apprentis meuniers des ouvrages spécialisés de qualité supérieure. La 3^{ème} édition du livre de technologie des machines pour meuniers a été révisée et imprimée en 2000, le livre de technologie des machines pour la production d'aliments fourragés est publié en 1981. La nouvelle adaptation est rédigée à cause du déploiement rapide des machines et de l'automatisation qui se développent à pas de géants. Les deux métiers, meunier en produits alimentaires et meuniers pour aliments du bétail se sont associés au niveau de la réglementation et de l'enseignement. Pour accéder à un apprentissage équitable on cultive les thèmes de la meunerie de la farine, du décorticage, des farines spéciales ainsi que de la production d'aliments fourragés, les 4 sujets de la transformation des céréales.

Le livre déchiffre consciemment les processus de transformations des céréales sur le plan des machines. Les 16 chapitres sont structurés selon le fonctionnement des machines. On attire l'attention sur le rapport qui existe entre les machines, les céréales, les matières premières et les processus. Pour approfondir certaines connaissances on peut se référer à des ouvrages spécialisés.

L'auteur a structuré systématiquement cet ouvrage technique. Ses larges connaissances ont été acquises durant ses nombreuses années consacrées à l'enseignement et comme spécialiste dans le domaine de la meunerie. La commission Suisse pour la formation professionnelle des meuniers remercie Karl Ulmer pour son vaste engagement.

Commission Suisse pour la formation professionnelle des
meuniers, Zollikofen

Sommaire

I. Eléments de machines dans la construction des machines de meunerie	1
II. Eléments de transport, aspiration, tuyauterie.....	45
III. Stockage des matières premières, des produits intermédiaires et des produits finis.....	117
IV. Préservation des matières premières et la conservation des produits finis ..	137
V. Appareil d'extraction et de dosage	165
VI. Doseur, balance	175
VII. Nettoyer, séparer, tamiser	215
VIII. Préparation des matières premières à l'aide du mouillage et du repos	323
IX. Décortiquer, polir, dégermer	341
X. Réduire, déformer.....	355
XI. Détacheur, désagrégeur.....	419
XII. Processus thermique	425
XIII. Mélanger / Adjonction de liquide.....	479
XIV. Eléments pour la surveillance et la sécurité	503
XV. Défense contre l'incendie et l'explosion	511
XVI. Mouture d'essai	519
XVII. Index des machines	523

Table des matières

I. Eléments de machines dans la construction des machines de meunerie	1
1. Eléments porteurs des machines	1
1.1 Bâti, châssis, cadres, ossatures	1
1.2 Roulements	1
1.2.1 Palier lisses	2
1.2.2 Palier à roulement	4
2. Eléments de machines mobiles	8
2.1 Arbres	8
2.1.1 Arbres fixes	8
2.1.2 Arbres excentriques	10
2.1.3 Arbres flexibles.....	10
2.2 Axes	10
2.3 Rotors.....	11
3. Eléments d'entraînement.....	11
3.1 Les transmissions par courroies.....	11
3.1.1 Courroies plates	12
3.1.1.1 Courroies en cuir brun	12
3.1.1.2 Courroie à plusieurs couches.....	12
3.1.1.3 Poulies plates	14
3.1.1.4 Tension des courroies	14
3.1.2 Courroie trapézoïdale et courroie de transmission de force.....	14
3.1.2.1 Courroies trapézoïdales normales	14
3.1.2.2 Courroies de transmission de puissance	16
3.1.2.3 Courroies trapézoïdales doubles.....	16
3.1.2.4 Courroies dentées	17
3.1.2.5 Courroies dentées plates	17
3.2 Transmissions à chaînes.....	18
3.3 Engrenages à roue dentée	20
3.3.1 Roues dentées droites	20
3.3.2 Roues dentées coniques.....	21
3.3.3 Roues dentées hélicoïdales	21
3.3.4 Vis sans fin et roue dentée pour vis sans fin.....	21
3.4 Accouplements.....	22
3.4.1 Accouplements serrés ou rigides	22
3.4.2 Accouplements élastiques et semi élastiques	23
3.4.3 Accouplements mobiles	24
3.4.4 Accouplement de débrayage.....	24
3.4.5 Accouplement de sécurité	26
3.5 Goupille	26
4. Eléments de raccord et de fixation	26
4.1 Assemblages démontables	26
4.1.1 Assemblages filetés	26

4.1.2	Goupilles	31	2.	Transport pneumatique, traitement de l'air comprimé et aspiration	71
4.1.3	Raccords par clavetage.....	31	2.1	Introduction, notion, définition	71
4.1.4	Eléments de fixation	32	2.2	Transport pneumatique	74
4.1.5	Ressorts	33	2.3	Dispositions principales des installations de transport pneumatique	75
4.1.6	Rails d'encrage.....	33	2.3.1	Déchargement des navires: Pneumatique par aspiration avec compresseur à piston rotatif.....	75
4.1.7	Supports élastiques pour les machines.....	33	2.3.2	Ventilateur pour pneumatique par aspiration	76
4.1.8	Raccords de tuyauterie	36	2.3.3	Installation de manutention pneumatique (Pneumatique du moulin)	76
4.2	Assemblages inséparables	36	2.3.4	Transport pneumatique par refoulement avec compresseur ou avec compresseur à vis.....	77
4.2.1	Rivets	36	2.3.5	Accessoires pour transport pneumatique à refoulement.....	78
4.2.2	Assemblages par pression.....	37	2.3.6	Transport pneumatique pour camion vrac.....	79
4.2.3	Coller.....	37	2.3.7	Combinaison d'un transport pneumatique par aspiration et par refoulement.....	79
4.2.4	Braser.....	37	2.3.8	Transport de dépôt émetteur	80
4.2.5	Souder.....	38	2.4	Conseil pour la réalisation d'installations de pneumatiques	80
5.	Joints d'étanchéité.....	39	2.4.1	Chemin de la conduite, vitesse de l'air, pression de transport	80
5.1	Joints de contact pour des surfaces immobiles.....	39	2.4.2	Profil de la vitesse dans un tube	81
5.1.1	Joints plats	39	2.4.3	Evolution de la pression dans le tube de transport	81
5.1.2	Joints profilés	40	2.4.4	Echelonnement des tuyaux	81
5.2	Joint de contact pour des surfaces glissantes.....	40	2.4.5	Classification des produits à transporter	82
5.2.1	Joints d'arbre simples pour coussinet	40	2.5	Aspiration	82
5.2.2	Garnitures.....	41	2.5.1	Dimensionnement des installations.....	82
5.2.3	Anneau d'étanchéité ronds (anneau toriques)	41	2.5.2	Indication pour l'exécution d'installation d'aspiration.....	87
5.2.4	Etanchéité d'arbre radiale	41	2.5.3	Tuyaux d'aspiration	88
5.3	Joints sans contact pour mouvements giratoires	41	2.6	Eléments pour le transport pneumatique, préparation de l'air comprimé et aspiration	89
6.	Entretien et conduite des machines	42	2.6.1	Générateur de courant d'air (générateur de vent).....	89
6.1	Nettoyage des machines	42	2.6.1.1	Machines à courant	89
6.2	Lubrification des machines.....	42	2.6.1.2	Machines à refoulement	93
6.3	Contrôles	43	2.6.2	Exigences pour le transport de substances solides	100
6.4	Réparation ou changements de pièces.....	43	2.6.2.1	Ecluse rotative à alvéoles.....	100
6.5	Conduite des machines.....	43	2.6.2.2	Ecluses à clapets	102
6.6	Dispositifs de protection	43	2.6.2.3	Récipients d'expédition avec fond fluidisant.....	102
II.	Eléments de transport, aspiration, tuyauterie.....	45	2.6.2.4	Buse d'aspiration.....	103
1.	Elément de transport pneumatique	46	2.6.3	Eléments de répartition	104
1.1	Transporteur à vis	46	2.6.3.1	Aiguillage.....	104
1.1.1	Vis à auges avec pas de vis plein	46	2.6.3.2	Distributeur rotatif.....	105
1.1.2	Transporteurs à vis avec des pas de vis spéciaux.....	50	2.6.4	Séparation de produit	106
1.1.3	Vis tubulaires.....	50	2.6.4.1	Cyclone	106
1.2	Transporteurs à chaînes	52	2.6.4.2	Cyclone spécial	107
1.3	Tuyaux transporteurs à secousses.....	56	2.6.5	Filtre (séparateur total).....	107
1.4	Elément de transport avec vibreur électromagnétique.....	58	2.6.5.1	Filtre ancienne conception	107
1.5	Transporteur à bande, bande de transport.....	59	2.6.5.2	Filtres modernes.....	108
1.6	Elévateurs à godets.....	61	2.7	Conditionnement de l'air comprimé	113
1.7	Elévateur à godets basculants	65	2.7.1	Teneur de la vapeur d'eau dans l'air	113
1.8	Tuyauterie	69	2.7.2	Point de rosée atmosphérique – Point de rosée de la pression.....	113
			2.7.3	Méthodes de séchage	114
			2.7.4	Conduite d'air comprimé, distribution, dimensionnement.....	115

III. Stockage des matières premières, des produits intermédiaires et des produits finis.....	117
1. Influence du produit sur le stockage.....	117
1.1 Influence des caractéristiques du produit.....	117
1.2 Comportement d'écoulement des produits.....	118
1.2.1 Ecoulement facile et libre des matières en vrac.....	118
1.2.2 Ecoulement difficile des matières en vrac.....	118
1.2.3 Angle naturel de repos.....	119
2. Influence du récipient et des cellules de silo sur le stockage.....	120
2.1 Possibilité de stockage, type de construction des silos.....	120
2.1.1 Halle de stockage.....	120
2.1.2 Silos horizontaux.....	121
2.1.3 Grosses cellules.....	121
2.1.4 Silos verticaux.....	122
2.1.4.1 Silos en tôle d'acier.....	122
2.1.4.2 Silos en béton armé.....	122
2.1.4.3 Les influences du climat automnal et hivernal sur les cellules en béton et en acier.....	123
3. Influence des récipients et des cellules de silo sur le stockage.....	124
3.1 Démélange du produit lors du remplissage des cellules.....	124
3.2 Compression dans les cellules.....	124
3.3 Problèmes lors de l'écoulement des récipients et des cellules.....	124
3.3.1 Formation de ponts.....	124
3.3.2 Formation de cheminées et de piliers.....	125
3.3.3 Vidange par couches à travers une cheminée.....	125
3.3.4 Le flot d'une masse.....	126
4. Formes de la cellule et de la sortie.....	126
4.1 Forme pour la sortie de produits légers et à écoulement libre.....	126
4.1.1 Croix de délestage ou toit de délestage.....	127
4.1.2 La trémie double.....	127
4.1.3 Sorties multiples.....	128
4.2 Formes de sortie pour produit à écoulement difficile.....	128
5. Echantillonneurs.....	129
6. Equipements de réception pour les emballages et le vrac.....	132
6.1 Machines automatiques pour la vidange de sacs.....	132
6.2 Station de vidange pour gros sacs « BIG-BAG ».....	133
6.3 Systèmes de réception pour le vrac.....	133
IV. Préservation des matières premières et la conservation des produits finis.....	137
1. Aération.....	138
2. Conservation à froid.....	142
2.1 Buts du refroidissement des céréales.....	142
2.2 Capacité de stockage en fonction de la température et de l'humidité.....	142

2.2.1 Blé panifiable.....	142
2.2.2 Semence et orge de brasserie.....	142
2.2.3 Céréale fourragère.....	142
2.3 Principes de base de la capacité de stockage en fonction du refroidissement.....	143
2.4 Installations frigorifiques.....	144
3. Séchage des graines, refroidissement des granulés et des flocons.....	146
3.1 Procéder de stockage.....	146
3.1.1 Séchage par évaporation.....	146
3.1.2 Séchage par vaporisation.....	146
3.2 Migration de l'eau.....	146
3.3 Extraction d'eau.....	147
3.4 Température de séchage.....	147
3.5 Possibilités de séchage.....	147
3.6 Systèmes de séchage.....	149
3.6.1 Séchoir/refroidisseurs à charges.....	149
3.6.2 Séchoir/refroidisseurs en continu.....	150
3.6.2.1 Séchoirs/refroidisseurs à bandes.....	150
3.6.2.2 Séchoirs/refroidisseurs à tourbillon.....	152
3.6.2.3 Séchoir / refroidisseur à colonne.....	154
3.6.2.4 Séchoir à radiateur.....	158
3.6.2.5 Séchoirs à vide.....	159
3.6.2.6 Agrégats chauffants pour céréales.....	161
3.6.2.7 Types de chauffage.....	161
3.6.2.8 Règles de séchage.....	163
V. Appareil d'extraction et de dosage.....	165
1. Appareils de déchargement mécaniques.....	166
1.1 Vis de déchargement.....	166
1.2 Appareil d'extraction à ailettes.....	167
1.3 Extracteurs à double tambours.....	168
2. Appareils extracteurs oscillants (tiroirs).....	170
3. Extraction par vibrations.....	171
3.1 Les goulottes de dosage vibrantes.....	171
3.2 Extracteurs vibrants.....	171
4. Extraction pneumatique et chargement en vrac de la farine.....	173
VI. Doseurs, balances.....	175
1. Dosage volumétrique.....	175
1.1 Volets doseurs.....	175
1.2 Appareil de mesure pour céréales.....	176
1.3 Doseurs vibrants.....	177
1.4 Dosage par vis.....	177
2. Dosage gravimétrique.....	178

2.1	Régulateur de débit automatique (Flowbalancer).....	178	2.2	Systèmes de tamisage.....	221
2.1.1	Régulateur de débit avec enregistrement du poids.....	180	2.3	Tamis et garniture.....	223
2.1.2	Régulateur de débit pour silo.....	181	2.4	Machines à tamiser pour le pré nettoyage et le nettoyage.....	223
2.2	Réglage de flux / mesure de flux.....	182	3. Tamiseurs rotatifs.....	224	
2.2.1	Transflowtron pour produits à écoulements libres.....	182	3.1	Le tamiseur rotatif comme tamis de pré nettoyage.....	224
2.2.2	Transflowmeter (mesure d'un flux).....	183	3.2	Le cylindre calibreur.....	225
2.2.3	Doseur pour produit à écoulement difficile.....	184	3.3	Les tamis à tambour avec rotors à batteurs (tamis centrifugeurs).....	226
2.2.4	Possibilités d'utilisation du Transflowtron / Transflowmeter.....	184	3.4	Tamiseur avec rotor batteurs (Turbo plansichter) pour le contrôle des farines.....	227
2.2.5	Appareils pour le microdosage.....	184	3.4.1	Avec connexion à la tuyauterie.....	227
2.2.6	Installation de microdosage.....	186	3.4.2	Machine à tamiser dans le transport pneumatique à pression.....	228
3. Balances totalisatrices.....	188	3.5	La vibrocentrifugeuse.....	229	
3.1	Poids et masse.....	188	3.5.1	Tamis vibrant avec vibration mécanique du manteau du tamis.....	230
3.2	Définitions.....	189	3.5.2	Tamis vibrant avec manteau du tamis détendu.....	230
3.3	Balance de réception pour les produits à écoulement facile.....	193	3.5.3	Tamis vibrant avec oscillations mécaniques de toute l'enveloppe du tamis.....	231
3.4	Balance tubulaire électronique « Tubex ».....	194	4. Séparateurs de pré-nettoyage et nettoyage.....	232	
3.5	Balances et installations d'ensachage.....	196	4.1	Comparaison des tamis plats et inclinés.....	232
3.5.1	Ensacheuse à valve.....	197	4.2	Commande pour séparateur.....	233
3.5.2	Système d'ensachage pour les sacs ouverts.....	198	4.2.1	Le mécanisme à secousses.....	233
3.5.2.1	Système avec balance d'ensachage à poids net.....	198	4.2.2	La commande excentrique.....	234
3.5.2.2	Ensachage à poids net sans benne peseuse.....	199	4.2.3	Mouvements de tamis rotatifs.....	234
3.5.2.3	Remplissage des sacs avec le système de balance différentielle.....	199	4.2.4	Commande à vibration.....	235
3.5.3	Présentateur automatique de sacs.....	201	4.3	Tôle d'acier perforées.....	236
3.5.4	Transfert de sacs avec unité d'écartement.....	201	4.4	Aspirateur universels (à grand rendement) SCHMIDT-SEEGER.....	238
3.5.5	Système de fermeture pour sac ouverts.....	202	4.5	Séparateur pour les céréales.....	240
3.5.6	Appareils périphériques.....	205	4.5.1	Séparateurs avec un mouvement de rotation.....	240
3.5.7	Palettisation des sacs.....	206	4.5.2	Séparateurs avec entraînement à vibrations.....	241
3.5.8	Ensacheuse à vis sans fin.....	208	4.5.3	Séparateurs avec construction renforcée.....	242
3.5.9	Machine pour le conditionnement des petits emballages.....	208	4.6	Généralités sur les séparateurs pour le nettoyage.....	243
3.5.9.1	Machine simple pour le conditionnement des petits emballages SERAM.....	209	4.7	Machine à tamiser pour une utilisation spéciale.....	243
3.5.9.2	Installation pour ensachage de petits sachets ICA.....	209	4.7.1	Tamis rond.....	243
3.5.9.3	Installation pour ensachage de petits sachets BOSCH.....	211	4.7.2	Tamis à projections (tamis incliné).....	244
VII. Nettoyer, séparer, tamiser.....	215	5. Plansichter.....	245		
1. Appareils magnétiques.....	216	5.1	Tamis.....	245	
1.1	Appareils magnétiques à nettoyage manuel.....	217	5.1.1	Tissu métallique.....	245
1.1.1	Bloc magnétique.....	217	5.1.1.1	Numérisation des garnitures de tamisage du type fil métallique et « GG ».....	246
1.1.2	Appareils magnétiques à doigts et à grillage.....	217	5.1.1.2	Utilisation du compte-fils.....	247
1.1.3	Appareils magnétiques tubulaire.....	218	5.1.2	Tissu en soie.....	247
1.2	Appareils magnétiques avec déchargement de particules métalliques en continu (appareils autonettoyants).....	218	5.1.3	Tissu en nylon (polyamide).....	247
1.2.1	Appareils magnétiques en cascade.....	219	5.1.4	Tissu en polyester.....	248
1.2.2	Appareils magnétiques à tambour.....	219	5.1.5	Surface des tamis.....	259
1.2.3	Appareils magnétiques à bande.....	220	5.1.6	Type de textile.....	250
2. Généralités concernant les machines à tamiser.....	220	5.2	Garnitures de tamisage.....	251	
2.1	Rendement du tamis.....	220	5.2.1	Tissus confectionnés.....	251
			5.2.2	Tissus de tamisage du rouleau.....	252
			5.2.2.1	Garnir et fixer à l'aide d'un pistolet agrafeur.....	253
			5.2.2.2	Fixer avec de la colle à l'aide de l'appareil de serrage.....	254
			5.2.3	Les différents types de colles.....	255

5.2.4	Précision de l'ouverture des mailles	256
5.3	Tapotins pour les plansichters	256
5.4	Machines à tamiser en plan	258
5.4.1	Introduction	258
5.4.2	Processus de tamisage	259
5.4.3	Différents types de plansichters	261
5.4.4	Le petit plansichter	263
5.4.5	Le plansichter à tiroirs	265
5.4.6	Plansichter carré	271
5.4.7	La conception modulaire du plansichter carré « SIRIUS »	275
5.4.8	Le plansichter à joug en té	277
6.	Machines pour l'aspiration	279
6.1	Canaux d'aspiration	279
6.1.1	Canaux d'aspiration avec alimentation par moteur à balourds	280
6.1.2	Canal d'aspiration sans élément d'alimentation	281
6.1.3	Canal d'aspiration avec élément d'alimentation oscillant	281
6.2	Tarares	282
6.2.1	Canaux d'aspiration avec chambre d'expansion rattachée	282
6.2.2	Tarares à recyclage d'air	283
6.2.3	Séparateur à recyclage d'air	285
6.3	Séparateurs à particule lourdes	285
7.	Epierreurs	286
8.	Tables densimétriques	292
8.1	Table densimétrique de construction ancienne	292
8.2	La table densimétrique à haute capacité « Gravomat »	293
9.	Combinaison de la séparation par air / tamisage en marchandise lourde et légère	295
10.	Machines de nettoyage combinées	297
10.1	Le Combinator	297
10.2	La machine de nettoyage combinée	299
11.	Trieur	300
11.1	Trieur à manteau	301
11.2	Trieur de reprise	304
11.3	Le trieur à disques Carter	304
11.4	Le trieur hélicoïdal	306
12.	Table de séparation « Paddy »	307
12.1	Table de séparation conventionnelle « Paddy »	307
12.2	Table de séparation Paddy « TWITOR »	309
13.	Décortiqueuse	311
13.1	Décortiqueuse horizontale	312
13.2	Décortiqueuse horizontale intensive	313
14.	Ebarbeur	315
15.	Triage optique	316
16.	Machines spéciales de séparation dans la meunerie	317
16.1	Centrifugeuse à son	317
16.2	Le sasseur	319

VIII. Préparation des matières premières à l'aide du mouillage et du repos323

1.	Mouiller	323
1.1	Généralités	323
1.2	Préparation de l'eau du réseau	324
1.3	Dosage de l'eau	324
2.	Système de mouillage manuel	324
2.1	Appareil mouilleur à godets	324
2.2	Dosage d'eau avec cylindre de mesure	325
3.	Système de dosage automatique de l'eau	327
3.1	Généralités	327
3.2	Réglage automatique de l'humidité MYFA avec mesure capacitive	330
3.3	Réglage automatique de l'humidité MYFB avec mesure par micro-ondes	332
3.4	Réglage de l'humidité dans le « système d'information à l'avant » avec l'appareil de mesure à micro-ondes MYFC	334
4.	Distribution d'eau	336
4.1	Généralités	336
4.2	Agrégat de mouillage intensif	336
4.3	Mouilleur à tourbillons « Tri-Rotor »	337
4.4	Agrégat de mouillage intensif avec deux rotors « Turbolizer »	338
5.	Reposage	339
5.1	Temps de repos	339
5.2	Cellules de repos	339

IX. Décortiquer, polir, dégermer341

1.	Décortiqueuse centrifuge ou à impact	342
1.1	Décortiqueuse à percussion « Stratopact »	342
2.	Décortiqueur à rouleaux en caoutchouc	343
3.	Décortiqueur, abraser	344
3.1	Machine à décortiquer VERTICONE	345
3.2	Machine à décortiquer TopWhite	346
4.	Décortiqueurs à pierre	347
4.1	Décortiqueur à meule courante inférieure	347
4.2	Décortiqueur à pierres verticales	348
5.	Polir	349
5.1	Polissage à sec	349
5.2	Polissage humide	351
6.	Dégermage	351
6.1	Machine à décortiquer et à dégermer avec récupération des germes	352
6.2	Machine à décortiquer et à dégermer sans récupération des germes	353

X. Réduire, déformer	355		
1. Broyer	355		
1.1 Concasseur à tourteaux	356		
1.1.1 Concasseur à marteaux	356		
1.1.2 Concasseur ou broyeur à un cylindre.....	356		
1.1.3 Cylindre de broyage	356		
2. Couper	357		
2.1 Tambour de coupeurs de gruaux	357		
2.2 Machine de réduction « Comitrol » -1700.....	358		
3. Floconner	359		
4. Moudre	362		
4.1 Réflexions générales.....	362		
4.2 Utilisation des différents types de machines de mouture	363		
4.3 Broyeur à disques dentés « GRANOMAT »	364		
4.4 Broyeur à marteaux	366		
4.4.1 Influence concernant les capacités	366		
4.4.2 Alimentation du broyeur à marteaux	366		
4.4.3 Entrée des broyeurs à marteaux	368		
4.4.4 Vitesse périphérique des marteaux	368		
4.4.5 Nombre et forme des marteaux.....	369		
4.4.6 Tamis.....	370		
4.4.7 Finesse du produit en relation avec la vitesse périphérique et la perforation des tamis	371		
4.4.8 Configuration de la chambre de broyage	372		
4.4.9 Débit de l'air et refroidissement.....	372		
4.4.10 Le produit de mouture	373		
4.4.11 Calcul des capacités	374		
4.4.12 Divers constructions de broyeurs à marteaux	375		
4.5 L'appareil à cylindres.....	379		
4.5.1 Historique et vue d'ensemble	379		
4.5.2 Accès au dispositif des cylindres d'alimentation	380		
4.5.3 Cylindres de mouture	382		
4.5.3.1 Construction du cylindre, matière et fabrication	382		
4.5.3.2 La cannelure.....	384		
4.5.3.3 Inclinaison de la cannelure	386		
4.5.3.4 Position des cannelures	388		
4.5.4 Différentiel des cylindres / vitesse différentielle des cylindres	389		
4.5.4.1 La transmission avec roue dentée	389		
4.5.4.2 Transmission par courroie dentée	390		
4.5.4.3 Vitesse différentielle pour différentes utilisations	391		
4.5.5 Le bombage des cylindres	392		
4.5.6 Racloir de cylindre.....	393		
4.5.7 Le refroidissement à eau	394		
4.5.8 Appareils à cylindres	397		
4.5.8.1 Broyeurs pour des tâches de moutures simples	397		
4.5.8.2 Appareil à quatre cylindres AIRTRONIC	398		
4.5.8.3 Appareil à quatre cylindres NEWTRONIC.....	405		
4.5.8.4 L'appareil à cylindre ANTARES BÜHIER	407		
4.5.8.5 Appareil à huit cylindres	409		
4.6 Moulins à meules	411		
4.6.1 Meules horizontales	411		
4.6.2 Le moulin Soder	413		
4.6.3 Moulin de broyage.....	414		
4.7 Mouture fine	414		
4.7.1 Mouture à percussion fine UPZ.....	415		
4.7.2 Moulin à percussion « Contraplex »	416		
4.7.3 Le procédé de l'attrition.....	416		
XI. Détacheur, désagrègeur	419		
1. Détacheur à tambour	419		
2. Désagrègeur	420		
2.1 Détacheur avec percussion moins intensive	420		
2.2 Le désagrègeur intensif.....	421		
3. Sterliator (machine à percussion)	421		
3.1 Exécution pour les céréales	421		
3.2 Exécution pour la farine.....	422		
XII. Processus thermiques	425		
1. Traitement à la chaleur dans un lit fluidisé	425		
2. Traitement à la vapeur	426		
2.1 Préparation de la vapeur	426		
2.1.1 Vapeur.....	426		
2.1.2 Production de la vapeur	428		
2.1.3 Installation pour la vapeur et l'eau de condensation	428		
2.2 Amatures pour la vapeur.....	430		
2.2.1 Réducteur de pression	430		
2.2.1.1 Réducteur de pression travaillant directement.....	430		
2.2.1.2 Soupape de réduction de pression travaillant automatiquement.....	431		
2.2.2 Soupapes d'arrêt et soupapes de réglage	432		
2.2.3 Soupape anti retour.....	434		
2.2.4 Filtre	435		
2.2.5 Séparateur d'eau.....	436		
2.2.6 Conduite de condensation d'eau	437		
2.2.7 Soupapes de sécurité.....	438		
2.3 Les appareils à vapeur et de conditionnement.....	439		
2.3.1 Traitement à la vapeur avant de tourailler et de floconner	439		
2.3.2 Traitement à la vapeur avant de granuler	440		
2.3.3 Traitement à la vapeur pour les produits expandés et extrudés	442		
3. Torréfier	443		

4. Pelletiser	445
4.1 Développement des presses à granulés actuelles	445
4.2 Technologie de la pression	447
4.2.1 Les paramètres influençables	447
4.2.2 Le processus de la presse	448
4.2.3 La forme de presse (matrice)	449
4.2.4 Les rouleaux de compression	451
4.2.5 Pelletiser avec une étape de pré compression	452
4.3 Presse à granuler	453
4.3.1 la presse avec matrice horizontale KAHL	453
4.3.2 Presse avec matrice en forme de cerceau BÜHLER	455
5. Expander	461
6. Extruder	463
6.1 Extrudeuse à une vis	464
6.2 Extrudeuse à deux vis	466
7. Soufflage	472
8. Cuisson	473
9. Rôtir	474
9.1 Rôtir avec lit à tourbillons BÜHLER	474
9.2 Rôtir dans le lit à tourbillons AEROGlide	475
10. Traitement thermique de la farine	476
10.1 Hygiénisation de mélanges d'aliments	476
10.2 Modification des farines de blé	478
XIII. Mélanger / Adjonction de liquide	479
1. Théorie du processus de mélange	479
1.1 La qualité du mélange et la stabilité du mélange	479
1.2 Homogénéité	480
1.3 Degré d'homogénéité	480
1.4 Nature des composants	480
1.5 La capacité des matières actives à se dissiper	481
1.6 Influence du temps de mélange	481
2. Mélangeurs	482
2.1 Exigences	482
2.2 Mélangeur vertical	482
2.2.1 Construction simple	482
2.2.2 Mélangeurs coniques	483
2.3 Mélangeur horizontal	484
3. Adjonction de liquides	487
3.1 Adjonction de liquide dans la farine	488
3.1.1 Introduction	488
3.1.2 Adjonction d'eau	489
3.1.3 Adjonction d'autres liquides	490
3.1.3.1 Stockage et exploitation	490
3.1.3.2 Remarques générales concernant les armatures	492

3.1.3.3 Pompes pour le transport des liquides	493
3.1.3.4 Filtres pour liquides	494
3.1.3.5 Compteur à piston rotatif	495
3.1.3.6 Autres débitmètres	497
3.2 Aspersion des liquides	497
4. Machines pour l'homogénéisation	497
4.1 Machine à homogénéiser horizontale	498
4.2 Machine à homogénéiser verticale	499
5. Systèmes de pulvérisation	500
5.1 Système de micro pulvérisation sans pression ROTOSPRAY KAHL	500
5.2 Tambour de pulvérisation BÜHLER	501

XIV. Eléments de surveillance et de sécurité

1. Contrôle de la production	503
1.1 Surveillance du stockage	503
1.2 Calculateur de rendement Bühler	504
1.3 Sondes	504
1.3.1 Enregistrement des valeurs limites	505
1.3.2 Mesure de niveau	506
1.4 Détecteur de métal	507
2. Machines et équipements	508
3. Surveillance des bâtiments	509

XV. Protection contre l'incendie et l'explosion

1. Les causes de l'incendie et de l'explosion	511
2. Prévention des incendies et des explosions	513
2.1 Eviter les incendies dues à la poussière	513
2.2 Prévention des incendies et des explosions par des mesures d'organisation	514
3. Limitation des conséquences d'explosions dues à la poussière (protection de l'explosion)	515
4. Incendies et lutte contre l'incendie	518
4.1 Incendies et comportement	518
4.2 Planification d'urgence et lutte contre l'incendie	518

XVI. Mouture d'essai

XVII. Index des machines

523