

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Avant-propos</b> . . . . .	13
<b>Introduction</b> . . . . .	17
<b>Chapitre 1. Tolérancement dimensionnel</b> . . . . .	25
1.1. Dimensions locales . . . . .	25
1.2. Définition d'une cote (ISO 8015:1985 §5.1.1) . . . . .	26
1.3. Définition d'une cote avec exigence de l'enveloppe . . . . .	27
1.3.1. Définition. . . . .	27
1.3.2. Méthode de lecture d'une cote . . . . .	28
1.3.3. Règle de dessin . . . . .	29
1.3.4. Cas des ajustements (ISO 286-1:1988) . . . . .	29
1.3.5. Cas des pièces minces . . . . .	30
1.4. Cote unilimite . . . . .	30
1.5. Cas litigieux . . . . .	30
1.6. Tolérances angulaires (ISO 8015:1985 §5.1.2) . . . . .	33
<b>Chapitre 2. Définition des tolérances géométriques</b> . . . . .	35
2.1. Symboles des spécifications géométriques . . . . .	35
2.2. Principe du tolérancement géométrique . . . . .	36
2.3. Définitions . . . . .	37
2.4. Méthode de lecture (sans modificateur $\textcircled{L}$ , $\textcircled{M}$ , $\textcircled{P}$ ) . . . . .	38
2.5. Erreurs à éviter . . . . .	38
2.6. Orientation de la zone de tolérance . . . . .	39
2.7. Surface spécifiée . . . . .	41
2.7.1. Convention (ISO 1101:2004. §7) . . . . .	41

2.7.2. Surface réelle . . . . .	42	4.2. Spécifications d'orientation . . . . .	70
2.7.3. Surface médiane (réelle) associée à deux plans réels . . . . .	42	4.2.1. Parallélisme . . . . .	70
2.7.4. Axe réel d'un cylindre réel . . . . .	43	4.2.2. Perpendicularité . . . . .	71
2.7.5. Centre réel d'un cercle réel . . . . .	44	4.2.3. Inclinaison . . . . .	71
2.8. Tolérance et écart . . . . .	45	4.3. Spécifications de position . . . . .	72
<b>Chapitre 3. Les références . . . . .</b>	<b>47</b>	4.3.1. Localisation . . . . .	72
3.1. Notations . . . . .	47	4.3.2. Symétrie . . . . .	72
3.2. Référence simple (E04 554 et ISO 5459:1981 §4.1). . . . .	49	4.3.3. Coaxialité, concentricité . . . . .	73
3.2.1. Plan . . . . .	49	4.3.4. Position d'un profil quelconque . . . . .	73
3.2.2. Plan médian de référence . . . . .	49	4.3.5. Position d'une surface quelconque . . . . .	74
3.2.3. Axe d'un cylindre . . . . .	50	4.4. Spécifications de battement . . . . .	74
3.2.4. Centre d'une sphère . . . . .	51	4.4.1. Battement circulaire radial . . . . .	74
3.2.5. Section d'un cylindre (ISO 5459:1981 figure 13) . . . . .	51	4.4.2. Battement total radial . . . . .	75
3.2.6. Référence sur un cône . . . . .	52	4.4.3. Battement circulaire axial . . . . .	75
3.3. Spécification sans référence (E04 553:1984 §7) . . . . .	53	4.4.4. Battement circulaire sur une surface de révolution . . . . .	76
3.4. Système de références . . . . .	53	4.4.5. Battement total axial . . . . .	76
3.4.1. Ecriture . . . . .	53	4.4.6. Battement total sur un cône . . . . .	76
3.4.2. Système de références plan/plan . . . . .	55	4.5. Spécifications d'orientation par rapport à un système de références . . . . .	77
3.4.3. Système de références plan/plan/plan . . . . .	57	<b>Chapitre 5. Indications complémentaires . . . . .</b>	<b>79</b>
3.4.4. Système de références plan/cylindre . . . . .	58	5.1. Commentaire . . . . .	79
3.4.5. Système de références cylindre/plan . . . . .	59	5.2. Limitation des surfaces . . . . .	80
3.4.6. Appui plan/centrage dans une rainure . . . . .	59	5.2.1. Restriction de surface (ISO 1101:2004 §12) . . . . .	80
3.4.7. Système de références non orthogonal (NF EN ISO 5458:1999 figure NA13) . . . . .	60	5.2.2. Restriction sur une zone mobile . . . . .	81
3.4.8. Contrainte de position . . . . .	61	5.2.3. Tolérancement de lignes (ISO 1101:2004 §18.9.4) . . . . .	82
3.5. Références non ordonnées (E04 559:1991 §6.7) . . . . .	62	5.2.4. Section quelconque (ISO 1101:2004 §18.13.1) . . . . .	83
3.6. Incertitude sur une référence . . . . .	62	5.2.5. Référence partielle (ISO 5459:1983 §7) . . . . .	83
3.6.1. Surface de référence de faible étendue . . . . .	62	5.3. Toutes formes admises . . . . .	85
3.6.2. Portion de cylindre ou de sphère . . . . .	64	5.4. Tolérancement général . . . . .	86
3.6.3. Système de références incomplet . . . . .	64	5.5. Tolérancement des pièces non rigides (ISO 10579:1993) . . . . .	88
<b>Chapitre 4. Définition des symboles de base . . . . .</b>	<b>67</b>	5.6. Tolérancement des filetages (ISO 1101:2004 §10.2) . . . . .	89
4.1. Spécifications de forme (ISO 1101:2004) . . . . .	67	<b>Chapitre 6. Groupement de surfaces . . . . .</b>	<b>91</b>
4.1.1. Rectitude d'une ligne . . . . .	67	6.1. Spécification en zone commune (ISO 1101:2004 §8.5) . . . . .	91
4.1.2. Planéité . . . . .	68	6.2. Références communes . . . . .	94
4.1.3. Circularité . . . . .	68	6.2.1. Références communes construites par union des surfaces réelles . . . . .	94
4.1.4. Cylindricité . . . . .	68	6.2.2. Plan de référence associé à deux plans coplanaires . . . . .	95
4.1.5. Forme d'un profil quelconque . . . . .	68	6.2.3. Axe de référence associé à deux cylindres nominalement coaxiaux . . . . .	96
4.1.6. Forme d'une surface quelconque . . . . .	69	6.2.4. Droite passant par deux points . . . . .	97
		6.2.5. Plan défini par deux surfaces décalées . . . . .	97

6.2.6. Référence commune sur des plans non parallèles . . . . .	98	8.3.2. Projection d'un taraudage . . . . .	129
6.2.7. Référence commune construite par intersection . . . . .	99	8.3.3. Tolérancement d'un groupe de trous taraudés . . . . .	130
6.3. Spécification d'un groupe de trous (ISO 5458:1998) . . . . .	100		
6.3.1. Groupe de trous sans référence . . . . .	100	<b>Chapitre 9. Maximum et minimum de matière . . . . .</b>	<b>133</b>
6.3.2. Groupe de trous sans centreur . . . . .	102	9.1. Principe . . . . .	133
6.3.3. Groupe de trous avec centreur . . . . .	102	9.1.1. Extrait de la norme . . . . .	133
6.3.4. Groupe de rainures . . . . .	103	9.1.2. Notion d'état virtuel . . . . .	134
6.3.5. Indépendance ou non des localisations . . . . .	104	9.1.3. Règles d'écriture . . . . .	135
6.4. Référence sur un groupe de trous (E04 559:1981 §6.8 et A3) . . . . .	105	9.1.4. Règles de lecture . . . . .	136
6.4.1. Référence primaire . . . . .	105	9.1.5. Domaine d'emploi . . . . .	137
6.4.2. Référence plan/groupe de trous . . . . .	107	9.2. Maximum de matière . . . . .	137
6.5. Référence sur des axes parallèles . . . . .	108	9.2.1. Définition du tolérancement au maximum de matière . . . . .	137
		9.2.2. Intérêt du maximum de matière . . . . .	138
<b>Chapitre 7. Cotation des cônes et surfaces . . . . .</b>	<b>111</b>	9.2.3. Quantification d'un écart au maximum de matière . . . . .	139
7.1. Caractérisation des surfaces . . . . .	111	9.3. Défaut de forme au maximum de matière . . . . .	140
7.1.1. Forme, orientation, position . . . . .	111	9.3.1. Définition . . . . .	140
7.1.2. Défauts locaux . . . . .	113	9.3.2. Comparaison avec l'exigence de l'enveloppe . . . . .	141
7.2. Cotation des cônes . . . . .	114	9.3.3. Application à un tube . . . . .	141
7.2.1. Forme et position d'un cône . . . . .	114	9.3.4. Application à l'alignement de paliers . . . . .	142
7.2.2. Localisation de l'axe d'un cône . . . . .	115	9.3.5. Application à la montabilité . . . . .	142
7.3. Spécification de symétrie . . . . .	116	9.4. Référence au maximum de matière . . . . .	143
7.3.1. Symétrie par rapport à une référence . . . . .	116	9.4.1. Coaxialité . . . . .	143
7.3.2. Expression d'une symétrie sans référence . . . . .	117	9.4.2. Règle de calcul des dimensions de l'état virtuel . . . . .	144
7.4. Tolérancement des chanfreins . . . . .	118	9.4.3. Remarques . . . . .	144
7.4.1. Cotation classique . . . . .	118	9.5. Localisation au maximum de matière . . . . .	145
7.4.2. Norme ISO 13715:1994 . . . . .	119	9.5.1. Groupe de trous sans centreur . . . . .	145
7.4.3. Proposition de cotation ISO . . . . .	120	9.5.2. Groupe de trous avec centreur . . . . .	146
7.5. Localisation de trous fraisurés . . . . .	121	9.6. Exploitation du maximum de matière en production . . . . .	147
7.6. Tolérancement des congés . . . . .	122	9.6.1. Intérêt des spécifications au maximum de matière . . . . .	147
7.6.1. Cotation classique . . . . .	122	9.6.2. Diagramme de tolérance dynamique . . . . .	148
		9.6.3. Tolérance géométrique zéro au maximum de matière . . . . .	149
<b>Chapitre 8. Tolérances projetées . . . . .</b>	<b>125</b>	9.6.4. Tolérance géométrique non nulle au maximum de matière . . . . .	150
8.1. Problématique . . . . .	125	9.6.5. Erreur à éviter . . . . .	152
8.2. Tolérance projetée . . . . .	126	9.6.6. Ecart de perpendicularité admissible pour la fabrication . . . . .	154
8.2.1. Écriture sur le dessin . . . . .	126	9.6.7. Surveillance des machines . . . . .	156
8.2.2. Critère d'association . . . . .	127	9.7. Exigence du minimum de matière . . . . .	157
8.2.3. Lecture de la spécification . . . . .	127	9.7.1. Définition . . . . .	157
8.2.4. Remarques . . . . .	128	9.7.2. Domaines d'emploi de l'exigence au minimum de matière . . . . .	158
8.3. Applications . . . . .	128	9.7.3. Applications . . . . .	163
8.3.1. Projection d'un plan . . . . .	128	9.7.4. Référence au minimum de matière . . . . .	164
		9.8. Spécification sur un cylindre dans une direction donnée (sans Ø) . . . . .	167

9.8.1. Règle . . . . .	167	11.5.6. Association d'une référence à des plans décalés . . . . .	205
9.8.2. Exemple au maximum de matière . . . . .	167	11.5.7. Association d'une référence à un cône. . . . .	205
9.8.3. Exemple au minimum de matière . . . . .	168	11.6. Cotation suivant le type de surface . . . . .	206
9.9. Conclusion sur le tolérancement en état virtuel. . . . .	169	11.6.1. Surface complexe . . . . .	206
		11.6.2. Surface pseudo-plane . . . . .	207
		11.6.3. Surface pseudo-cylindrique . . . . .	210
<b>Chapitre 10. Analyse des systèmes de références . . . . .</b>	<b>171</b>		
10.1. Problèmes . . . . .	171	<b>Chapitre 12. Exercices . . . . .</b>	<b>213</b>
10.1.1. Principe de construction d'un système de références . . . . .	171	12.1. Objectifs . . . . .	213
10.1.2. Commentaires de construction . . . . .	172	12.2. Aide-mémoire . . . . .	213
10.2. Référence plan/cylindre/cylindre . . . . .	173	12.2.1. Tolérancement dimensionnel avec enveloppe . . . . .	213
10.2.1. Système de références plan/cylindre-cylindre . . . . .	173	12.2.2. Tolérancement par zone de tolérance . . . . .	214
10.2.2. Système de références plan/centreur/goupille. . . . .	175	12.2.3. Tolérancement au maximum ou au minimum de matière. . . . .	215
10.2.3. Système de références plan/centreur/ <i>locating</i> . . . . .	176	12.3. Exercices . . . . .	216
10.2.4. Système de références plan/centreur/oblong . . . . .	177		
10.3. Système de références cylindre/cylindre . . . . .	179	<b>Conclusion . . . . .</b>	<b>245</b>
10.4. Système de références cylindre/plan parallèle. . . . .	181	<b>Bibliographie . . . . .</b>	<b>247</b>
10.4.1. Avec les contraintes de distance et de tangence . . . . .	181	<b>Index . . . . .</b>	<b>249</b>
10.4.2. Contrainte de distance seule . . . . .	182		
10.4.3. Contrainte de tangence seule . . . . .	182		
10.5. Système de références cylindre/rainure. . . . .	184		
10.6. Système de références plan/cylindre . . . . .	185		
<b>Chapitre 11. Spécifications hors normes . . . . .</b>	<b>189</b>		
11.1. Introduction . . . . .	189		
11.2. Systèmes de références hors normes . . . . .	190		
11.2.1. Références construites avec un plan décalé par rapport à la référence primaire . . . . .	190		
11.2.2. Référence construite avec un contact ponctuel décalé. . . . .	191		
11.2.3. Système de références cylindre/sphère. . . . .	192		
11.2.4. Construction d'une référence intermédiaire. . . . .	193		
11.2.5. Parallélisme d'un plan dans une seule direction . . . . .	194		
11.2.6. Référence construite hors matière . . . . .	195		
11.3. Référence de nature différente de l'élément de référence . . . . .	196		
11.4. Utilisation d'une pièce <i>master</i> . . . . .	198		
11.5. Référence et spécification des surfaces quelconques. . . . .	199		
11.5.1. Etat des normes . . . . .	199		
11.5.2. Cotation avec des références partielles. . . . .	200		
11.5.3. Principe de création d'une référence sur une surface . . . . .	201		
11.5.4. Critère d'association d'une référence à un contact surfacique . . . . .	203		
11.5.5. Association d'une référence à une liaison bilatérale. . . . .	204		