
Sommaire

Avant-propos	1
---------------------------	---

Chapitre 1

Maîtrise Statistique des Processus et performance industrielle	3
---	---

1. MSP et satisfaction clients	4
1.1. Nécessité de maîtriser les processus	4
1.2. La place de la Maîtrise Statistique des Processus (MSP) dans une démarche de Qualité Totale	5
1.3. La MSP, un outil, une méthode, une culture	7
2. La cote cible : un préalable à la MSP	8
2.1. Les boules de pâte à modeler... Lorsque les tolérances créent de la variabilité.	8
2.2. Qualité produit <i>versus</i> Qualité d'une caractéristique	10
2.3. Un principe incontournable : viser la cible	13
2.3.1. <i>La cible pour un assemblage robuste</i>	13
2.3.2. <i>La fonction perte de Taguchi</i>	16
2.4. Étude de la combinatoire de plusieurs caractéristiques	18
2.4.1. <i>Cas de deux caractéristiques additives</i>	19
2.4.2. <i>Étude de la combinatoire dans le cas de cinq caractéristiques</i>	20
2.4.3. <i>Étude de l'influence du décentrage</i>	21

2.5. En conclusion	22
3. La MSP face aux changements de culture	22
3.1. L'auto-contrôle	23
3.1.1. Le principe de l'auto-contrôle	23
3.1.2. Les causes communes et causes spéciales – séparer l'ordinaire de l'extraordinaire	24
3.1.3. Les moyens de l'autocontrôle	24
3.2. Les outils simples de pilotage permettant de garantir le respect de la cible	26
4. Un peu d'histoire	28

Chapitre 2

Les concepts de la Maîtrise Statistique des Processus (MSP)

1. Les 5 « M » du processus	32
2. Analyse de la forme de la dispersion	33
2.1. Répartition en forme de cloche	33
2.2. Causes communes – Causes spéciales	35
2.2.1. Les causes communes	36
2.2.2. Les causes spéciales	37
2.3. Processus « sous contrôle » et « hors contrôle »	37
3. Surveiller un processus par cartes de contrôle	38
3.1. Le principe de la carte de contrôle	38
3.1.1. Les limites naturelles d'un processus	38
3.1.2. Le pilotage par les limites naturelles	39
3.1.3. Pourquoi prélever des échantillons ?	41
3.2. La carte de pilotage (de contrôle) moyenne/étendue	43
3.2.1. Principe de remplissage	44
3.2.2. Moyenne et étendue, deux fonctions différentes	46
4. Mise en place des cartes de contrôle	48
4.1. Démarche DMAICS	48
4.2. Définir	49
4.2.1. Le choix des caractéristiques à piloter en MSP	49
4.2.2. La matrice d'impact	50
4.3. Mesurer	51
4.3.1. La capacité des moyens de mesure	51
4.3.2. Observation du processus	51

4.4. Analyser	55
4.4.1. Calcul des capacités	55
4.4.2. Calcul des cartes de contrôle	56
4.5. Contrôler	59
4.5.1. Pilotage du processus par cartes de contrôle	59
4.5.2. Décision sur la production	61
4.6. Analyser et Innover	62
4.7. Standardiser	62
5. Le concept de capacité (aptitude)	63
5.1. Le besoin de formaliser une notion floue	63
5.2. Définition de la capacité	64
5.3. Pp et Ppk (Performance du processus – long terme)	64
5.3.1. Performance intrinsèque du processus Pp	64
5.3.2. Indicateur de dérèglement Ppk	66
5.3.3. Interprétation de Pp et Ppk	67
5.4. Cp et Cpk (Capabilité processus – Court terme)	68
5.5. Les indicateurs liés à la cible : le Cpm et le Ppm	70
5.6. Exemple de calcul de capacité	72
5.7. Synthèse des différents indicateurs de capacité	74
5.8. L'interprétation de la chute de capacité	75

Chapitre 3

Capabilité des Processus de Contrôle

1. Introduction	79
1.1. Processus de production et processus de mesure	79
1.2. Capabilité des processus de mesure et Gestion des moyens de mesure	81
1.3. Les différentes normes	83
2. Étude d'un processus de mesure	84
2.1. Objectifs	84
2.2. Pouvoir de discrimination de l'instrument	84
2.3. Dispersion court terme : R&R	85
2.3.1. Répétabilité	85
2.3.2. Reproductibilité	85
2.4. Biais	86
2.5. Linéarité	86
2.6. Dispersion long terme : Stabilité	87

3. R&R – Répétabilité et Reproductibilité	87
3.1. Incidence du Cpc sur l'indice Cp	89
3.2. Méthode R&R rapide	90
3.3. Méthode R&R complète avec les étendues	93
3.3.1. Essais à réaliser	93
3.3.2. Validité des mesures	95
3.3.3. Analyse de la répétabilité	96
3.3.4. Analyse de la reproductibilité	97
3.3.5. Analyse de la dispersion de l'instrument	98
3.3.6. Analyse de la dispersion des pièces	98
3.3.7. Analyse de la dispersion totale	98
3.3.8. Calcul du ndc	99
3.3.9. Analyse R ² R	100
3.4. Méthode R&R par l'analyse de la variance	104
3.4.1. Principe de calcul	104
3.4.2. Application sur notre exemple	107
3.5. Que faire en cas de mauvais Cpc	110
3.6. Calcul du Cpc dans les cas non standard	111
3.6.1. Cas des tolérances unilatérales	111
3.6.2. Cas des contrôles destructifs	112
3.6.3. Cas des mesures de concentration de bain	112
3.6.4. Cas des mesures avec dérive (couple de serrage)	113
4. Évaluer le biais et la linéarité	114
4.1. Évaluer le Biais	114
4.2. Évaluer la linéarité	115
5. Évaluer la stabilité	117
6. Méthode proposée par CNOMO	119
6.1. Le principe de calcul du CMC	119
6.2. Les étapes du calcul	120
6.3. Limite d'agrément de la capabilité du moyen	122
6.4. Exemple de calcul	122
7. Comparaison des différentes méthodes	124
8. Capabilité des moyens de contrôle pour le contrôle aux attributs	125
8.1. La méthode	125
8.2. Que faire en cas de mauvais score ?	129

Chapitre 4

Les études de capabilité (d'aptitude)	131
1. Les différentes normes de capabilité	132
1.1. L'importance de la référence QS9000	133
1.2. Les indicateurs de capabilité QS9000	134
2. Le calcul des capabilités	135
2.1. Capabilité court terme et long terme	135
2.2. Les indicateurs liés au décentrage	138
2.3. Calcul des capabilités sur un lot	139
2.3.1. Calcul des indicateurs de performance long terme	139
2.3.2. Exemple de calcul	141
2.3.3. Calcul des indicateurs de capabilité court terme	142
2.4. Calcul des capabilités à partir d'une carte de contrôle	145
2.4.1. Calcul des indicateurs de capabilité Cp, Cpk, Cpm	147
2.4.2. Calcul des indicateurs de performance Pp, Ppk, Ppm	148
2.4.3. Application sur un exemple	148
2.4.4. Calcul du Pp et du Ppk lorsqu'on ne connaît pas les valeurs individuelles	151
3. Intervalle de confiance sur les capabilités	153
3.1. Intervalle de confiance sur le Cp (ou Pp)	153
3.2. Intervalle de confiance sur le Cpk (ou Ppk)	155
4. L'interprétation et le suivi de la chute des capabilités	157
4.1. Définition du rendement de stabilité Rs	158
4.1.1. Définition de l'indicateur Rs	158
4.1.2. Interprétation de l'indicateur Rs	159
4.1.3. Les causes d'un mauvais Rs	160
4.2. Définition du Rendement de Régler Rr	161
4.2.1. Présentation du rendement Rr	161
4.2.2. Les causes d'un mauvais Rr	161
4.3. La chute des capabilités	162
4.4. Le tableau des capabilités et son interprétation	163
5. L'indicateur z de Six Sigma	164
5.1. L'indicateur de capabilité z	165
5.2. Relation entre le z et la proportion de défauts	166
6. Le démarrage d'une série ou la réception d'une machine	168
6.1. Comment déterminer Pp et Ppk ?	168

6.2. Étude de la carte d'analyse	169
6.2.1. Vérification de la normalité	169
6.2.2. Vérification de la stabilité du processus	169
6.2.3. Calcul des indicateurs Ppp et Pppk	170
6.2.4. Définition des fréquences de prélèvement	170
6.3. Mise en place d'une production	171
7. Cas des caractéristiques non mesurables	173
7.1. Cas des produits non-conformes, étude sur un exemple	173
7.2. Cas des non-conformités, étude sur un exemple	174
7.3. Cas des non-conformités, utilisation des DPO	176
8. Les cas particuliers	177
8.1. Cas des répartitions non normales	177
8.2. Le cas des processus multi-générateurs	180
8.3. Calcul de la capacité globale sur plusieurs critères	182

Chapitre 5

Les cartes de contrôle

1. Cartes de contrôle pour le suivi des valeurs individuelles	186
1.1. Cartes Valeurs individuelles / Étendues glissantes	186
1.2. Cartes de contrôle aux valeurs individuelles Moyennes glissantes/Étendues glissantes	189
2. Les cartes de contrôle par échantillons	192
2.1. Carte de contrôle de la médiane (carte \bar{X})	192
2.2. Carte de contrôle des écarts types (carte S)	195
2.3. Les cartes de Shewhart pour le suivi par échantillons	196
2.4. Les cartes de Shainin « precontrol » – cartes couleurs	196
3. Le calcul des limites de contrôle	200
3.1. Les limites de contrôle traditionnelles	200
3.2. Exemple de calculs des limites	203
3.3. Origine des calculs de limites	205
3.3.1. Le calcul de la carte des moyennes à partir de l'écart type de la population totale	205
3.3.2. Le calcul de la carte des moyennes à partir de la moyenne des écarts types S d'échantillons de petite taille	207
3.3.3. Le calcul de la carte des moyennes à partir de la moyenne des étendues d'échantillons de petite taille	208

3.3.4. Le calcul de la carte des écarts types à partir de l'écart type de la population totale	208
3.3.5. Calcul de la carte des écarts types à partir de la loi du χ^2	210
3.3.6. Le calcul de la carte des écarts types à partir des écarts types S de petits échantillons	211
3.3.7. Le calcul de la carte des étendues à partir des étendues R de petits échantillons	212
4. Efficacité des cartes de contrôle	213
4.1. Courbe d'efficacité d'une carte de contrôle	213
4.2. POM d'une carte de contrôle	215
4.3. Établissement d'une carte de contrôle à partir des risques α et β	216
4.3.1. Les moyennes refusables	217
4.3.2. Calculs de la taille des échantillons	218
4.3.3. Calcul de limites élargies	221
5. L'application de limites élargies	222
5.1. Domaine d'application	222
5.1.1. Procédés à dérive	222
5.1.2. Procédé à réglage par seuil	223
5.2. Calcul des limites élargies pour un Cpk objectif	224
5.2.1. Application	226
5.3. La carte à doubles limites	228
6. Quelques cas particuliers	229
6.1. Les cas des processus multi-générateurs	229
6.2. Le cas des processus gigognes	234
6.3. Les cartes à caractéristiques multiples	239
7. Quelques conseils pour une bonne application des cartes de contrôle	241
7.1. Carte de contrôle et maîtrise des processus	241
7.2. Critère de choix d'un paramètre à surveiller	241
7.3. Lorsque les fréquences de prélèvement sont trop élevées	242
7.4. L'informatisation des cartes de contrôle	243
7.5. La réactualisation des cartes de contrôle	244
7.6. Le suivi d'un projet MSP	245

Les cartes EWMA et CUSUM 247

1. Les cartes EWMA 248
 - 1.1. Principe de la carte EWMA 248
 - 1.2. Calcul des limites 251
 - 1.3. Exemples d'application 252
 - 1.3.1. Premier exemple 252
 - 1.3.2. Second exemple 253
 - 1.4. Choix de λ et de L 255
2. Les cartes CUSUM 256
 - 2.1. Le principe 257
 - 2.2. Exemple d'application 259
 - 2.2.1. Carte FIR CUSUM 262
 - 2.2.2. Combinaison Shewhart/CUSUM 264
 - 2.3. Les cartes CUSUM avec masque en V 266
 - 2.3.1. Principes 266
 - 2.4. Efficacité des cartes CUSUM 269

Chapitre 7

Le cas des processus multidimensionnels 271

1. Les cartes multidimensionnelles pour le suivi en position 272
 - 1.1. Introduction 272
 - 1.2. La carte χ^2 pour le suivi de la position 273
 - 1.2.1. Principe 273
 - 1.2.2. Exemple d'application 276
 - 1.3. La carte T^2 de Hotelling pour le suivi de la position 279
 - 1.3.1. Principe 279
 - 1.3.2. Calcul des limites 280
 - 1.3.3. Exemple d'application 281
 - 1.3.4. Comparaison entre la carte T^2 et la carte χ^2 283
 - 1.4. Carte EWMA multidimensionnelle 283
2. Carte multidimensionnelle pour le suivi de la variabilité 286
 - 2.1. Principe 286
 - 2.2. Exemple d'application 287

3. Interpretation des cartes multidimensionnelles 289
 - 3.1. Les difficultés d'interprétation 289
 - 3.2. Les règles d'interprétation 291
 - 3.2.1. Suivi de chaque caractéristique individuelle 291
 - 3.2.2. Réduire le nombre de variables à partir d'une analyse en composantes principales 291
 - 3.2.3. Analyser la direction du défaut, source d'informations 292

Chapitre 8

Le cas des attributs 295

1. Les particularités du contrôle par attributs 295
 - 1.1. La qualification par attributs 295
 - 1.2. Les différents types de suivi par attributs 296
 - 1.3. Critères de conformité 298
 - 1.4. Causes communes et causes spéciales dans le cas des attributs 298
 - 1.4.1. Rappels 298
 - 1.4.2. Séparer l'ordinaire de l'extraordinaire 299
2. Le principe d'une carte de contrôle aux attributs 300
 - 2.1. Identifier les causes spéciales 300
 - 2.2. Interprétation des cartes de contrôle aux attributs 302
 - 2.3. Mise en place d'une carte de contrôle 303
 - 2.3.1. Définir 304
 - 2.3.2. Mesurer 304
 - 2.3.3. Analyser/Innover 304
 - 2.3.4. Contrôler 305
 - 2.3.5. Standardiser 305
3. Les principales cartes de contrôle aux attributs 305
 - 3.1. La carte np, nombre d'articles non-conformes 306
 - 3.1.1. Utilité de la carte np 306
 - 3.1.2. Mesurer – Observation du procédé 306
 - 3.1.3. Analyser – Calcul de la carte np 307
 - 3.1.4. Contrôler – Suivi du procédé par carte np 308
 - 3.1.5. Standardiser – L'amélioration continue 310
 - 3.2. La carte p – proportion d'articles non conformes 310
 - 3.2.1. Calcul des limites de contrôle 310
 - 3.2.2. Suivi du procédé par la carte de contrôle p 312

3.3. Carte c – nombre de non-conformités	313
3.3.1. Utilité de la carte c	313
3.3.2. Calcul des limites de la carte c	313
3.4. Carte u – Proportion de non-conformités	314
3.4.1. Utilité de la carte u	314
3.4.2. Calcul des limites de la carte u	314
3.4.3. Exemple d'utilisation d'une carte u	315
3.5. Récapitulatif des calculs des limites	317
4. Les cartes sur valeurs transformées	317
4.1. Cartes CUSUM aux attributs	317
4.1.1. CUSUM pour le nombre de non-conformités (c) – carte de Lucas.	318
5. Le suivi des fréquences d'apparition de défauts	320
5.1. Cas d'utilisation	320
5.2. Le principe	322
5.3. Le suivi par carte EWMA (ou CUSUM)	323
5.4. Exemple d'utilisation en maintenance	325
6. Limites des cartes de contrôle aux attributs	327

Chapitre 9

Le cas des petites séries

1. Introduction	329
1.1. Les bénéfices de l'application de la MSP dans le cas des petites séries	329
1.2. La méthode traditionnelle de pilotage dans le cas des petites séries	332
1.2.1. Exemples dans le cas d'une série de 10 pièces	332
1.2.2. Critique de la méthode	334
2. Le suivi par valeurs individuelles	335
2.1. Identification de l'écart type de la production	337
2.2. Suivi par carte de contrôle Valeurs/étendues glissantes	338
2.3. Amélioration de l'efficacité de la détection	339
3. Retrouver un effet de série	342
3.1. Raisonner en écarts par rapport à la cible	342
3.2. Les cartes de contrôle multi-produits	344
3.2.1. Cas 1 : les étendues sont constantes pour l'ensemble des lots	345

3.2.2. Cas 2 : les étendues ne sont pas constantes d'un lot à l'autre	346
3.2.3. Critique de la méthode	349
3.2.4. Cas des échantillons de taille variable	350
3.3. Carte EWMA Multi-produits	351
4. La carte de contrôle « petites séries »	353
4.1. Le besoin d'une nouvelle méthode	353
4.2. Principe de base de la carte de contrôle « petites séries »	353
4.2.1. Présentation de la carte	353
4.2.2. Le remplissage de la carte des petites séries	354
4.3. Le calcul des limites de contrôle	356
4.3.1. Identification de l'écart type de la population	356
4.3.2. Calcul de la carte des moyennes	359
4.3.3. Calcul de la carte des étendues	361
4.4. Efficacité de la carte de contrôle « petites séries »	362
4.5. Autres utilisations de la carte de contrôle « petites séries »	363
5. La carte de « pré contrôle » petites séries	364
6. Utiliser l'échantillonnage	369
7. L'analyse a posteriori	372
7.1. Collecte des données	373
7.2. Étude des causes communes de dispersion	376
7.3. Étude de la capacité du procédé	377
7.4. Critique de la méthode	378
8. Capacité à partir des cartes « petites séries »	379
8.1. Capacité court terme	379
8.2. Capacité long terme	380
9. Détermination du réglage optimal	381
9.1. Cas où le réglage doit être réalisé sur la première pièce	381
9.2. Cas du réglage sur la nième pièce	385
9.3. Règle pratique de réglage	386
9.3.1. Détermination de la règle	386
9.3.2. Détermination d'une grille de réglage	387

Chapitre 10

Le cas des distributions non gaussiennes et des critères unilatéraux	389
1. Comment traiter le cas des distributions non gaussiennes ?	390
1.1. Les différentes approches	390
1.2. Approche $\pm 3\sigma$ sigma pour le calcul des capabilités	390
1.3. Transformation des données	391
1.4. Approche par les percentiles	391
2. Approche 3 sigma de calcul des capabilités	393
2.1. Approximation de la loi normale	393
2.2. Méthode du mode	394
2.3. Méthode du mode – cas des tolérances bilatérales	395
3. Méthode de transformation des données	397
3.1. Utilisation de la loi lognormale	397
3.1.1. Principe	397
3.1.2. Exemple de calcul	398
3.2. Transformation de Box-Cox	400
3.3. Transformation de Johnson	402
3.3.1. Choix du type de transformation	403
3.3.2. Calcul des coefficients des fonctions de transformation	405
4. Identification de la fonction	407
4.1. Utilisation de la loi de Weibull	407
4.2. Distribution des valeurs extrêmes (de Gumbel)	411
4.2.1. Valeurs extrêmes minimum	412
4.2.2. Valeurs extrêmes maximum	412
4.2.3. Estimation des paramètres	413
4.2.4. Application	413
5. Indicateur Ppm dans le cas unilatéral	414
5.1. Définitions	414
5.2. Calcul de Cpm et comparaison avec Cpk	416
6. Calcul des cartes de contrôle dans le cas des critères uni limites	418

Chapitre 11

Du tolérancement au pire des cas au tolérancement inertiel	419
1. Différentes approches du tolérancement en cas d'assemblages	420
1.1. Tolérancement au pire des cas	421
1.2. Tolérancement statistique	423
1.3. Règles simples de calcul mnémotechnique	424
1.4. Les autres approches statistiques	425
2. La décision de conformité sur les caractéristiques élémentaires	425
3. Le tolérancement inertiel	428
3.1. Définition du tolérancement inertiel	428
3.2. Interprétation du tolérancement inertiel	430
3.2.1. Représentation graphique	430
3.2.2. Cas extrêmes	432
3.2.3. Représentation $n^{\circ}2$	433
3.2.4. Représentation $n^{\circ}3$	433
3.3. Indicateurs de capabilité en tolérancement inertiel	434
3.4. Conformité et tolérancement inertiel	435
3.5. Tolérancement inertiel dans le cas d'un assemblage	437
3.5.1. Garantir l'inertie de la caractéristique finale Y	437
3.5.2. Garantir la conformité de la caractéristique finale Y.	438
3.5.3. Application sur un exemple	438
4. Tolérancement inertiel dans le cas de critères unilatéraux	440
5. Pilotage des caractéristiques inertielles	441
6. Conclusion	443

Annexes

Statistiques de base	445
1. Représentation graphique d'une distribution	445
1.1. Le diagramme des fréquences	445
1.2. La représentation sous forme d'histogramme	446

1.3. Exemple de construction d'histogramme	449
1.4. La boîte à moustache	450
2. Les lois de répartition continues	451
2.1. Notion de population et d'échantillon	451
2.2. Expérience sur les peintures d'un groupe de 50 hommes	452
2.3. Expérience avec des pièces	453
3. Calculs des paramètres d'une courbe de Gauss	454
3.1. Paramètres de position	454
3.1.1. Moyenne arithmétique (\bar{X})	454
3.1.2. Espérance mathématique (μ)	454
3.1.3. La médiane (\tilde{X})	455
3.1.4. Le mode	455
3.2. Paramètres d'échelle	455
3.2.1. L'étendue (notée R Range en Anglais)	456
3.2.2. L'écart type estimé (noté S ou σ_{n-1})	456
3.2.3. L'écart type réel (noté σ)	457
3.2.4. La variance vraie (σ^2) ou estimée (S^2)	457
3.2.5. La dispersion	458
3.3. Liaison entre l'écart type et la courbe de Gauss	458
3.4. Calcul de pourcentage de pièces hors tolérance	459
4. Formes d'une distribution	461
4.1. Expériences	461
4.2. Étude de normalité – Droite de Henry	462
4.3. Étude de normalité – Test du χ^2 (CHI 2)	464
4.3.1. Principe du test	464
4.3.2. Exemple	465
4.3.3. Effet de bord dans le test du χ^2	466
4.3.4. Étude de forme	467
4.3.5. Généralisation des paramètres de dispersion	467
4.3.6. Aplatissement	468
4.3.7. Dissymétrie	468
4.4. Le test de Anderson-Darling	469
5. Distribution de Student	472
6. Les lois de répartition discrètes	473
6.1. La loi de distribution hypergéométrique	473
6.2. La loi binomiale	474
6.3. La loi de Poisson	476

7. Distribution des caractéristiques d'un échantillon	477
7.1. Distribution statistique des moyennes	477
7.2. Distribution statistique des écarts types	478
8. Estimation des caractéristiques d'une population totale	479
8.1. Estimation	479
8.1.1. Estimation par valeur ou par intervalle de confiance	479
8.1.2. Biais d'un estimateur	480
8.2. Estimation par une valeur	480
8.2.1. Estimation de la moyenne	480
8.2.2. Estimation de l'écart type	480
8.2.3. Cas des petits échantillons – Estimation à partir de l'écart type	482
8.2.4. Cas des petits échantillons – Estimation à partir de l'étendue	483
8.3. Estimation par un intervalle de confiance	484
8.3.1. Estimation de la moyenne	484
8.3.2. Estimation d'un intervalle de confiance sur l'écart type	486
8.3.3. Exemple de calcul d'intervalle de confiance	488
8.3.4. Estimation de la moyenne	488
8.3.5. Estimation de l'écart type	488

Tables et résumés	491
Démarche de mise sous contrôle d'un processus	492
Proportion hors tolérances fonction de Pp et Ppk	493
Valeur mini du Cp pour un Cp calculé (risque unilatéral à 5 %)	494
Valeur mini du Cpk pour un Cpk calculé (risque unilatéral à 5 %)	495
DPMO en fonction du z du processus	496
Table de la loi normale	497
Table de la loi de Student	498
Table de la loi du χ^2	499
Tableau des coefficients	500
Résumé des principales formules de calculs des cartes MSP	501
Résumé des principales formules de calcul des cartes MSP	502
Carte Valeurs individuelles	502
Carte limites élargies	502
Coefficient A_6 pour le calcul des limites élargies	502
Coefficient A_5 pour le calcul des limites élargies	502
Carte EWMA	503

<i>Cartes aux attributs</i>	503
<i>Calcul des cartes aux attributs</i>	503
<i>Carte exponentielle</i>	503
Résumé sur les capacités	504
Règles de pilotage d'une production par « carte de pilotage SPC »	505
Tableau de décision	505
<i>Règles principales d'interprétation des cartes de pilotage</i>	506
Carte de contrôle aux attributs	508
Bibliographie	511
Logiciels et sites internet	523
Index	525