

collection informatique

# Informatique graphique

*méthodes et modèles*

*2<sup>e</sup> édition revue et augmentée*

Bernard Péroche  
Djamchid Ghazanfarpour  
Dominique Michelucci  
Marc Roelens

**HERMES**

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> . . . . .	17
<b>Chapitre 1. Architectures logicielles et matérielles pour la visualisation</b> .	19
1.1. Le pipeline graphique . . . . .	19
1.1.1. Introduction . . . . .	19
1.1.2. Les attributs graphiques . . . . .	21
1.1.3. Les attributs de visualisation . . . . .	22
1.1.3.1. Attributs de prise de vue . . . . .	22
1.1.3.2. Attribut d'affichage . . . . .	23
1.1.4. Calculs pour la visualisation . . . . .	24
1.1.4.1. Des calculs géométriques . . . . .	24
1.1.4.2. Des calculs de rendu . . . . .	25
1.1.5. Les processus de base . . . . .	25
1.1.6. Diverses approches pour les logiciels graphiques . . . . .	26
1.1.6.1. Systèmes spécialisés . . . . .	26
1.1.6.2. Systèmes généraux . . . . .	26
1.2. Bases générales de l'infographie . . . . .	28
1.2.1. Architecture logique d'un système graphique . . . . .	28
1.2.1.1. Le module pilote . . . . .	28
1.2.1.2. Le module graphique . . . . .	28
1.2.1.3. Le module vidéo . . . . .	29
1.2.2. Eléments de technologie . . . . .	29
1.2.2.1. Les tubes à rayons cathodiques (TRC) . . . . .	29
1.2.2.2. Les systèmes à balayage de trame . . . . .	30
1.2.2.3. Systèmes graphiques couleur . . . . .	31
1.2.2.4. Les mémoires d'image . . . . .	31
1.2.2.5. Les tables de couleurs . . . . .	31

1.3. Systèmes graphiques . . . . .	32
1.3.1. Un modèle pour les stations graphiques . . . . .	33
1.3.2. Architecture des stations graphiques . . . . .	33
1.3.3. Performances graphiques . . . . .	34
1.3.4. Un exemple d'architecture : celle de Silicon Graphics . . . . .	36
1.3.4.1. Le sous-système géométrique . . . . .	37
1.3.4.2. Le sous-système de discrétisation . . . . .	39
1.3.4.3. Sous-système d'affichage . . . . .	40
<b>Chapitre 2. Eléments de mathématiques et de théorie du signal . . . . .</b>	<b>41</b>
2.1. Introduction . . . . .	41
2.2. Notions géométriques . . . . .	41
2.2.1. Les repères de la synthèse d'images . . . . .	41
2.2.2. Géométrie vectorielle . . . . .	42
2.2.2.1. Introduction . . . . .	42
2.2.2.2. Opérations . . . . .	43
2.2.2.2.1. Définitions . . . . .	43
2.2.2.2.2. Propriétés . . . . .	44
2.2.2.3. Combinaisons linéaires . . . . .	45
2.2.2.4. Produits scalaire, vectoriel et mixte . . . . .	46
2.2.2.5. Notions de base et de coordonnées . . . . .	47
2.2.2.6. Transformations affines . . . . .	49
2.2.2.6.1. Définition . . . . .	49
2.2.2.6.2. Coordonnées homogènes et matrices . . . . .	49
2.2.2.6.3. Transformations affines classiques . . . . .	51
2.2.2.7. Changements de repère . . . . .	54
2.2.2.7.1. Formule de changement de repère . . . . .	54
2.2.2.7.2. Usage des changements de repère . . . . .	56
2.2.3. Projections . . . . .	57
2.2.3.1. Les projections parallèles . . . . .	57
2.2.3.2. Les projections perspectives . . . . .	57
2.2.4. Conclusion . . . . .	59
2.3. Echantillonnage régulier, aliassage et antialiassage . . . . .	60
2.3.1. Introduction . . . . .	60
2.3.2. Fondements théoriques de l'aliassage et liens avec les images de synthèse . . . . .	60
2.3.2.1. Echantillonnage régulier monodimensionnel et aliassage . . . . .	60
2.3.2.1.1. Premier cas : $f_e \geq 2f_{\max}$ . . . . .	62
2.3.2.1.2. Deuxième cas : $f_e < 2f_{\max}$ . . . . .	63
2.3.2.2. Antialiassage et reconstitution . . . . .	63
2.3.2.2.1. Augmentation de la fréquence d'échantillonnage . . . . .	63

2.3.2.2.2. Limitation du spectre fréquentiel du signal analogique	63
2.3.2.3. Echantillonnage régulier bidimensionnel et reconstitution	64
2.3.2.3.1. Echantillonnage bidimensionnel sans aliassage	65
2.3.2.3.2. Echantillonnage bidimensionnel avec aliassage	65
2.3.2.4. Antialiassage bidimensionnel dans le cas d'un échantillonnage régulier	66
2.3.2.5. Méthodes générales d'antialiassage en informatique graphique	67
2.3.2.5.1. Augmentation des fréquences d'échantillonnage et contraintes technologiques	67
2.3.2.5.2. Limitation du spectre fréquentiel de l'image	68
2.3.3. Echantillonnage stochastique	68
2.3.4. Filtrage bidimensionnel dans le domaine spatial	71
2.3.5. Aspects psychovisuels	72
2.3.5.1. La réponse quasilogarithmique	72
2.3.5.2. Sensibilité aux zones de transition	73
2.3.5.3. Distribution de Poisson	74
2.4. Quelques notions d'analyse numérique	74
2.4.1. Résolution d'une équation algébrique à une inconnue : $f(x) = 0$	74
2.4.1.1. Formule explicite	74
2.4.1.2. Algèbre linéaire	75
2.4.1.3. Le théorème de Sturm [KNU 81]	75
2.4.1.3.1. Rappels sur le théorème de Sturm	75
2.4.1.3.2. Rappels sur les bornes des zéros d'un polynôme	75
2.4.1.4. L'analyse par intervalles (cf. 2.4.3)	76
2.4.1.5. Par continuité	76
2.4.1.6. Par subdivision dans la base de Bernstein	76
2.4.2. La méthode de Newton-Raphson	78
2.4.3. L'arithmétique d'intervalles et l'analyse par intervalles	79
2.4.4. Notion de résultants	83
2.4.4.1. L'implicitisation [SED 95]	84
2.4.4.2. Le calcul des points d'intersection	84
2.4.4.3. L'inversion [MAN 93]	85
<b>Chapitre 3. Courbes et surfaces</b>	87
3.1. Introduction	87
3.2. Courbes paramétriques	88
3.2.1. Interpolation polynomiale	88
3.2.1.1. Utilisation de la base canonique	88
3.2.1.2. Utilisation de la base de Lagrange	88
3.2.1.3. Utilisation de la base de Newton	89

3.2.2. Interpolation polynômiale par morceaux . . . . .	91
3.2.3. Lissage . . . . .	92
3.2.3.1. Courbes de Bézier . . . . .	92
3.2.3.1.1. Définition . . . . .	92
3.2.3.1.2. Forme polynômiale . . . . .	94
3.2.3.1.3. Fonctions de Bernstein . . . . .	95
3.2.3.1.4. Propriétés des courbes de Bézier . . . . .	96
3.2.3.2. B-splines de base . . . . .	98
3.2.3.3. B-splines . . . . .	100
3.2.3.4. $\beta$ -splines . . . . .	101
3.2.3.5. Formes rationnelles (NURBS) . . . . .	103
3.3. Surfaces paramétriques . . . . .	104
3.3.1. Carreaux de surface d'interpolation . . . . .	104
3.3.2. Produit tensoriel . . . . .	104
3.3.2.1. Surfaces de Bézier . . . . .	105
3.3.2.2. Surfaces B-splines . . . . .	106
3.4. Les surfaces implicites (ou objets mous) . . . . .	106
3.4.1. Définition . . . . .	107
3.4.2. Les fonctions de potentiel . . . . .	107
3.4.3. Les fonctions de distance . . . . .	109
3.4.4. Difficultés . . . . .	109
<b>Chapitre 4. Algorithmes et structures de données 2D . . . . .</b>	<b>111</b>
4.1. Introduction . . . . .	111
4.2. Affichage de segments de droite . . . . .	111
4.3. Intersection entre segments . . . . .	114
4.3.1. Quelques méthodes naïves . . . . .	114
4.3.1.1. Algorithme naïf . . . . .	114
4.3.1.2. Algorithme par partition . . . . .	115
4.3.2. Technique de balayage . . . . .	115
4.4. Représentation des polygones . . . . .	117
4.4.1. Représentation par contours . . . . .	118
4.4.2. Représentation par arêtes orientées . . . . .	119
4.4.3. Triangulation et convexification . . . . .	119
4.4.4. Cartes planaires . . . . .	119
4.4.5. Cartes des trapèzes . . . . .	119
4.4.6. Conversion entre les diverses représentations des polygones . . . . .	120
4.5. Angles et orientation . . . . .	120
4.5.1. Mesure d'un angle . . . . .	120
4.5.2. Virage à gauche, virage à droite . . . . .	121
4.5.3. Orientation d'un contour . . . . .	121

4.6. Polygones et intersections . . . . .	122
4.6.1. Coupe d'un polygone par une droite . . . . .	122
4.6.2. Coupe d'un polygone représenté par des contours . . . . .	123
4.6.3. Fenêtrage d'un polygone . . . . .	124
4.6.4. Intersection, réunion, différence de deux polygones quelconques . . . . .	124
4.7. Tests d'inclusion dans un polygone . . . . .	124
4.7.1. Inclusion d'un point dans un polygone non auto-intersectant . . . . .	124
4.7.2. Intérieur d'un polygone auto-intersectant . . . . .	125
4.7.3. Inclusion dans un polygone convexe . . . . .	126
4.7.4. Boîte englobante . . . . .	126
4.7.5. Localisation d'un point . . . . .	127
4.8. Remplissage . . . . .	128
4.8.1. Coloriage de taches . . . . .	128
4.8.2. Affichage d'un polygone quelconque . . . . .	128
4.8.3. Cas particuliers de coloriage . . . . .	129
4.8.3.1. Coloriage d'un polygone non auto-intersectant . . . . .	129
4.8.3.2. Coloriage d'un contour convexe . . . . .	129
4.8.3.3. Coloriage d'un contour monotone . . . . .	130
4.9. Décomposition des polygones . . . . .	130
4.9.1. Définitions et propriétés . . . . .	131
4.9.2. Triangulation . . . . .	132
4.9.3. Décomposition en trapèzes ou en monotones . . . . .	132
4.9.4. Triangulation d'un polygone monotone . . . . .	133
4.9.5. Décomposition en convexes . . . . .	135
4.9.6. Convexifications naïves . . . . .	135
4.10. Les cartes planaires . . . . .	136
4.10.1. Carte planaire locale . . . . .	137
4.10.2. Carte planaire globale . . . . .	138
4.11. Carte des trapèzes . . . . .	140
4.12. Tracés de courbes dans une mémoire d'image . . . . .	143
4.12.1. Courbes algébriques . . . . .	143
4.12.2. Tracé de courbes paramétriques . . . . .	143
4.12.3. Tracé de courbes algébriques implicites . . . . .	144
4.12.3.1. Par suivi . . . . .	144
4.12.3.1.1. Suivi de courbe par prédiction-correction . . . . .	144
4.12.3.1.2. Suivi de courbe dans un réseau . . . . .	145
4.12.3.2. Par exclusion, ou arithmétique d'intervalles . . . . .	147
4.12.3.3. Par subdivision adaptative . . . . .	149
4.13. Intersection entre courbes . . . . .	151
4.14. Quelques difficultés récurrentes . . . . .	151
4.14.1. Le traitement des cas particuliers . . . . .	151

4.14.2. Les imprécisions numériques . . . . .	152
4.15. Aliassage et antialiasage . . . . .	153
4.15.1. Présentation des problèmes . . . . .	154
4.15.1.1. Effet de marches d'escalier irréguliers . . . . .	154
4.15.1.2. Petits objets . . . . .	155
4.15.2. Techniques d'antialiasage de base . . . . .	156
4.15.2.1. Sur-échantillonnage et filtrage numérique . . . . .	157
4.15.2.2. Filtrage analytique ; méthodes géométriques et incrémentales . . . . .	158
<b>Chapitre 5. Modélisation géométrique . . . . .</b>	<b>165</b>
5.1. Présentation de la modélisation du solide . . . . .	165
5.1.1. Historique . . . . .	165
5.1.2. Définition des solides . . . . .	167
5.1.3. Opérations booléennes et régularisation . . . . .	167
5.1.4. Les représentations classiques des solides . . . . .	169
5.2. La représentation par frontières . . . . .	169
5.3. La représentation constructive . . . . .	172
5.3.1. Le principe . . . . .	172
5.3.2. Extensions . . . . .	173
5.3.2.1. Les déformations géométriques élémentaires . . . . .	173
5.3.2.2. Les déformations géométriques libres . . . . .	174
5.3.2.3. Les sommes de Minkowski . . . . .	174
5.3.2.4. Les surfaces implicites . . . . .	175
5.3.3. Quelques notions utiles . . . . .	175
5.3.3.1. Arbres de construction et formules logiques . . . . .	175
5.3.3.2. Les boîtes de Cameron . . . . .	175
5.3.3.3. Les zones actives . . . . .	176
5.4. L'énumération spatiale . . . . .	177
5.5. La partition spatiale . . . . .	179
5.6. La tétraédrisation . . . . .	181
5.7. Quelques représentations hybrides . . . . .	182
5.8. Evaluation des frontières . . . . .	182
5.8.1. Les méthodes récursives . . . . .	183
5.8.2. Les méthodes indirectes . . . . .	183
5.8.3. Les méthodes de facettisation par suivi . . . . .	184
5.9. L'avenir de la modélisation du solide . . . . .	185
5.9.1. La modélisation hétérotrope . . . . .	185
5.9.2. La modélisation par caractéristiques . . . . .	187
5.9.3. La représentation par contraintes géométriques . . . . .	187
5.9.3.1. Les méthodes de décomposition et propagation . . . . .	188

5.9.3.2. Les méthodes symboliques . . . . .	188
5.9.3.3. Les méthodes numériques . . . . .	188
5.9.4. La représentation paramétrique, ou fonctionnelle . . . . .	189
5.9.5. La représentation multiéchelles . . . . .	189
5.9.5.1. La représentation constructive multiéchelles . . . . .	190
5.9.5.2. Les triangulations dynamiques . . . . .	190
5.9.5.3. Les représentations par frontières multiéchelles . . . . .	191
5.10. Critères d'évaluation d'une représentation . . . . .	191
5.11. Quelques problèmes en modélisation du solide . . . . .	193
5.11.1. Le problème du nommage [CHE 95, KRI 95] . . . . .	193
5.11.1.1. La robustesse (robustness problem) . . . . .	194
5.11.1.2. Les problèmes de reconnaissance des formes . . . . .	194
5.11.1.3. L'ingénierie inverse, ou reconstruction . . . . .	194
5.11.1.4. Les échanges de données entre modeleurs différents, et la standardisation des données . . . . .	194
5.11.1.5. Problèmes de conversion entre représentations différentes . . . . .	195
5.12. Les fractales . . . . .	195
5.12.1. Présentation . . . . .	195
5.12.2. Utilisation en synthèse d'images . . . . .	197
5.12.3. Les itérations de fonctions, ou IFs . . . . .	198
5.12.4. Les graftales . . . . .	200
5.12.5. Mise en perspective . . . . .	202
5.13. Les systèmes de particules et la modélisation par masses-ressorts . . . . .	202
5.14. Les représentations dédiées . . . . .	204
5.15. Conclusion . . . . .	204
<b>Chapitre 6. La couleur . . . . .</b>	<b>205</b>
6.1. Introduction . . . . .	205
6.2. La physique de la lumière . . . . .	205
6.2.1. Le système visuel humain . . . . .	206
6.2.1.1. L'œil . . . . .	206
6.2.1.2. Le mécanisme visuel . . . . .	208
6.2.2. Attributs psychophysiologiques . . . . .	208
6.3. La perception des couleurs . . . . .	209
6.4. La colorimétrie . . . . .	213
6.4.1. Le système XYZ de la CIE . . . . .	213
6.4.2. Les modèles de représentation des couleurs . . . . .	218
6.4.2.1. Le modèle RVB (Rouge, Vert, Bleu) . . . . .	218
6.4.2.2. Le modèle CMJ (Cyan, Magenta, Jaune) . . . . .	219
6.4.2.3. Le modèle CIELUV . . . . .	220

6.4.2.4. Le modèle YIQ . . . . .	221
6.4.2.5. Le modèle TSL (Teinte, Saturation, Luminance) . . . . .	221
6.4.2.6. Le modèle TSI (Teinte, Saturation, Intensité) . . . . .	223
6.5. Problèmes d'affichage sur un moniteur couleurs . . . . .	225
<b>Chapitre 7. Modèles d'éclairage</b> . . . . .	<b>227</b>
7.1. Introduction . . . . .	227
7.2. Notions sur les ondes électromagnétiques . . . . .	228
7.2.1. Introduction . . . . .	228
7.2.2. Propagation des ondes dans un milieu homogène . . . . .	228
7.2.2.1. Onde plane monochromatique dans le vide . . . . .	229
7.2.2.2. Polarisation . . . . .	231
7.2.2.3. Énergie électromagnétique . . . . .	231
7.2.2.4. Spectre . . . . .	232
7.2.2.5. Propagation de la lumière dans la matière . . . . .	232
7.2.2.6. Absorption, dispersion . . . . .	234
7.2.3. Réflexion et réfraction . . . . .	234
7.2.4. Réflexion macroscopique des matériaux . . . . .	238
7.2.4.1. Réflexion sur une surface plane . . . . .	238
7.2.4.1.1. Le second milieu est diélectrique homogène et isotrope . . . . .	238
7.2.4.1.2. Le second milieu est conducteur et isotrope (métal) . . . . .	239
7.2.4.1.3. Le second milieu est diélectrique hétérogène . . . . .	240
7.2.4.2. Réflexion sur une surface rugueuse . . . . .	241
7.3. Notions de radiométrie et de photométrie . . . . .	242
7.3.1. Introduction . . . . .	242
7.3.2. Radiométrie . . . . .	242
7.3.3. Photométrie . . . . .	247
7.3.4. Perception visuelle . . . . .	248
7.4. L'équation de rendu . . . . .	248
7.4.1. Introduction . . . . .	248
7.4.2. Modèles locaux . . . . .	249
7.4.3. Modèles globaux . . . . .	249
7.4.3.1. Approche basée sur la luminance . . . . .	250
7.4.3.2. Approche basée sur les flux . . . . .	251
7.5. Modèles d'éclairage . . . . .	253
7.5.1. Introduction . . . . .	253
7.5.2. Modélisation des surfaces . . . . .	253
7.5.2.1. Modèles de distribution des altitudes . . . . .	253
7.5.2.2. Modèles de distribution des pentes . . . . .	254
7.5.3. Les différents modèles d'éclairage . . . . .	255

7.5.3.1. Modèle de Lambert . . . . .	255
7.5.3.2. Modèle du miroir . . . . .	255
7.5.3.3. Modèle de Phong . . . . .	256
7.5.3.3.1. Définition du modèle . . . . .	256
7.5.3.3.2. Compatibilité du modèle avec la physique . . . . .	257
7.5.3.4. Modèle de Cook-Torrance . . . . .	258
7.5.3.4.1. Présentation du modèle . . . . .	259
7.5.3.4.2. Etude de la composante diffuse . . . . .	260
7.5.3.4.3. Etude de la composante spéculaire . . . . .	260
7.5.3.4.4. Calcul du facteur d'atténuation . . . . .	262
7.5.3.4.5. Compatibilité avec les lois de la physique . . . . .	265
7.6. Conclusion . . . . .	266
<b>Chapitre 8. Elimination des parties cachées . . . . .</b>	<b>267</b>
8.1. Introduction . . . . .	267
8.2. Le fenêtrage . . . . .	268
8.3. Le tampon de profondeur . . . . .	268
8.4. La méthode d'Atherton et celle de Watkins . . . . .	275
8.5. Une méthode du peintre, utilisant un arbre de partition spatiale . . . . .	279
8.6. La méthode de Warnock . . . . .	281
8.7. Le calcul des ombres portées . . . . .	281
8.7.1. Méthode de la double image . . . . .	282
8.7.2. Méthode de la double passe . . . . .	282
8.7.3. Les volumes d'ombre et les algorithmes à balayage . . . . .	283
8.7.4. Volumes d'ombre et arbre de partition spatiale . . . . .	283
8.8. La représentation des scènes extrêmement complexes . . . . .	285
<b>Chapitre 9. Le tracé de rayons . . . . .</b>	<b>287</b>
9.1. Présentation du tracé de rayons . . . . .	287
9.1.1. Historique . . . . .	287
9.1.2. Principe de l'algorithme . . . . .	288
9.1.3. Premiers constats . . . . .	290
9.2. Calculs d'intersections . . . . .	291
9.2.1. Définition d'un rayon . . . . .	291
9.2.2. Intersection avec une tranche d'espace . . . . .	292
9.2.3. Intersection avec un cube . . . . .	293
9.2.4. Intersection avec un polyèdre convexe . . . . .	293
9.2.5. Intersection avec un objet implicite . . . . .	293
9.2.5.1. Intersection avec une quadrique . . . . .	294
9.2.5.2. Intersection avec un tore . . . . .	295

9.2.5.3. Intersection avec un blob . . . . .	295
9.2.6. Intersection avec une représentation par frontières . . . . .	296
9.2.7. Intersection avec un arbre octal . . . . .	297
9.2.8. Intersection avec un objet transformé . . . . .	297
9.2.9. Intersection avec un objet du type arbre de construction . . . . .	297
9.2.9.1. Principe général . . . . .	297
9.2.9.2. Propriétés des objets . . . . .	298
9.3. Algorithmes de rendu . . . . .	298
9.3.1. Principe général . . . . .	298
9.3.2. Modèle de Whitted . . . . .	299
9.3.3. Modèles spectraux . . . . .	300
9.3.4. Effets optiques . . . . .	301
9.3.5. Tracé de rayons distribué . . . . .	301
9.4. Techniques d'accélération . . . . .	302
9.4.1. Le sous-échantillonnage . . . . .	302
9.4.2. Les méthodes de partition . . . . .	303
9.4.2.1. Partition plane . . . . .	303
9.4.2.2. Partition volumique . . . . .	303
9.4.2.3. Partition de $R^5$ . . . . .	304
9.4.3. Les méthodes à englobants . . . . .	304
9.5. Antialiasage et lancer de rayons . . . . .	306
9.6. Conclusion . . . . .	308
<b>Chapitre 10. Algorithmes d'éclairage</b> . . . . .	<b>311</b>
10.1. Introduction . . . . .	311
10.2. Algorithmes de lissage . . . . .	312
10.2.1. Le lissage de Gouraud . . . . .	312
10.2.2. Le lissage de Phong . . . . .	313
10.3. Essai de description des méthodes d'éclairage . . . . .	314
10.3.1. Grammaire de description des chemins lumineux . . . . .	314
10.3.2. Classification des types de chemins lumineux . . . . .	315
10.3.3. Formalisation des algorithmes d'éclairage . . . . .	316
10.3.3.1. Méthodes de résolution par l'image . . . . .	316
10.3.3.2. Méthodes de résolution par la scène . . . . .	317
10.3.3.3. Méthodes mixtes . . . . .	317
10.4. Méthodes de Monte Carlo . . . . .	318
10.4.1. Méthode d'intégration par Monte Carlo . . . . .	318
10.4.2. Echantillonnage stratifié . . . . .	320
10.4.3. Echantillonnage d'importance . . . . .	321
10.4.4. Méthodes de Monte Carlo pour résoudre des équations intégrales . . . . .	321

10.4.5. Méthode de la roulette russe . . . . .	322
10.4.6. Application des méthodes de Monte Carlo à l'équation de rendu . . . . .	324
10.4.6.1. Tracé de chemins (Path tracing) . . . . .	324
10.4.6.2. Tracé de photons (light tracing) . . . . .	325
10.4.6.3. Tracé de rayons bidirectionnel . . . . .	326
10.5. La radiosité classique . . . . .	326
10.5.1. Le principe . . . . .	326
10.5.2. La résolution du système linéaire $KB = E$ . . . . .	329
10.5.2.1. Itération de Jacobi . . . . .	329
10.5.2.2. Itération de Gauss-Seidel . . . . .	330
10.5.2.3. Itération de Southwell . . . . .	331
10.5.2.4. Radiosité progressive . . . . .	332
10.5.2.5. Radiosité par Monte Carlo . . . . .	333
10.5.3. Le calcul des facteurs de forme . . . . .	333
10.5.3.1. Formules analytiques . . . . .	333
10.5.3.2. Analogie de Nusselt . . . . .	334
10.5.3.3. La méthode de l'hémicube . . . . .	335
10.5.3.4. La méthode de Monte Carlo . . . . .	336
10.5.3.5. Les intégrales de contour . . . . .	337
10.5.4. Le maillage (meshing en anglais) . . . . .	337
10.5.4.1. Le maillage régulier . . . . .	337
10.5.4.2. La radiosité hiérarchique . . . . .	337
10.5.4.3. Le maillage de discontinuité (discontinuity meshing) . . . . .	340
10.5.4.4. Radiosité hiérarchique et maillage de discontinuité . . . . .	343
10.5.4.5. Reconstruction de la fonction de radiosité . . . . .	343
10.6. Extensions de la radiosité . . . . .	343
10.6.1. Extension aux surfaces non diffuses . . . . .	344
10.6.2. Extension aux milieux semi-sphériques . . . . .	344
10.6.3. Extension à la radiosité non constante sur chaque surfel . . . . .	344
10.6.4. Extension à des objets mobiles . . . . .	345
<b>Chapitre 11. Textures . . . . .</b>	<b>347</b>
11.1. Introduction . . . . .	347
11.2. Problématique des textures planes . . . . .	348
11.2.1. Génération des textures planes . . . . .	348
11.2.1.1. Méthode fractale . . . . .	349
11.2.1.2. Méthode spectrale . . . . .	349
11.2.1.3. Méthode syntaxique . . . . .	349
11.2.1.4. Méthodes structurelles . . . . .	349
11.2.1.5. Méthodes stochastiques . . . . .	349

11.2.2. Mise en perspective des textures planes . . . . .	350
11.2.2.1. Transformation perspective des textures planes . . . . .	350
11.2.2.2. Notion de taux de compression . . . . .	354
11.2.2.3. Méthodes de traitement . . . . .	356
11.2.2.3.1. Méthodes de filtrage simultané . . . . .	356
11.2.2.3.2. Méthodes de filtrage a priori . . . . .	358
11.3. Textures 3D . . . . .	364
11.3.1. Génération de textures 3D . . . . .	364
11.3.1.1. Approche périodique de Gardner . . . . .	365
11.3.1.2. Fonctions aléatoires et génération de textures 3D . . . . .	365
11.3.1.3. Méthodes analytiques et génération automatique de textures 3D . . . . .	368
11.3.1.4. Perturbation de la normale en 3D . . . . .	369
11.3.2. Antialiasage . . . . .	369
11.4. Hypertextures . . . . .	370
11.4.1. Visualisation . . . . .	371
11.4.2. Génération . . . . .	372
11.4.3. La notion de texels . . . . .	373
11.4.4. Méthode à base géométrique . . . . .	373
11.5. Génération par évolution . . . . .	374
11.6. Génération par réaction et diffusion . . . . .	375
11.7. Conclusion . . . . .	378
<b>Bibliographie</b> . . . . .	383
<b>Index</b> . . . . .	407