

# synthèse

G. HÉGRON

# d'image :

# algorithmes

# élémentaires

BIBLIOTHEQUE DU CERIST



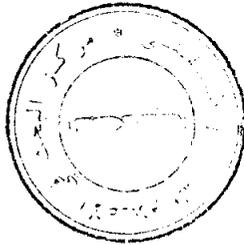
# synthèse d'image : algorithmes élémentaires

---

par  
**Gérard HÉGRON**

IRISA / INRIA - Rennes

Préface de **Michel LUCAS**  
Professeur à l'Université de Nantes



BIBLIOTHEQUE DU CERIST



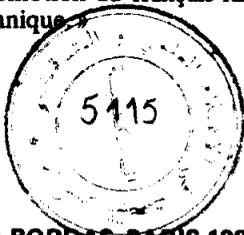
# Monographies de l'AF CET-Informatique

## Un regard de professionnels

- D. Le Verrand, **Le langage ADA, manuel d'évaluation**, Dunod, 1982.  
**Evaluating ADA**, North Oxford Academic Publishing Company, 1985.
- F. André, D. Herman et J.P. Verjus, **Synchronisation des programmes parallèles**, Dunod, 1983.  
**Synchronization of parallel programs**, North Oxford Academic Publishing Company, 1985.
- M. Raynal, **Algorithmique du parallélisme : le problème de l'exclusion mutuelle**, Dunod, 1984.  
**Algorithms for mutual exclusion**, North Oxford Academic Company, 1985.
- C. Chrisment, J. B. Crampes et G. Zurfluh, **Bases d'informations généralisées**, Dunod, 1985.
- G. Hégron, **Synthèse d'image : algorithmes élémentaires**, Dunod, 1985.
- M. Condillac, **Prolog : fondements et applications**, Dunod, 1986.

Ouvrage publié avec le concours des ministères de l'éducation nationale (direction de la recherche) et de la recherche et de la technologie. (MIDIST)

Programme mobilisateur : « promotion du français langue scientifique et diffusion de la culture scientifique et technique »



© BORDAS, PARIS 1985  
ISBN 2-04-016427-8

" Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droit, ou ayants-cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration "

# PREFACE

A l'heure où tout un chacun peut admirer les images produites par ordinateur, en particulier pour leur degré de réalisme et de finition, on peut se poser la question de savoir s'il est réellement utile de consacrer un ouvrage complet à l'étude des techniques élémentaires pour la synthèse d'image. Et pourtant, l'explosion de la micro - informatique conduit des milliers de personnes à recréer sur leur ordinateur personnel des algorithmes de base. Et pourtant, les ingénieurs chargés de concevoir et réaliser les générateurs d'images synthétiques souhaitent connaître les meilleurs algorithmes pour pouvoir les intégrer dans leur machine.

Et c'est là tout le paradoxe : des images extraordinaires sont produites quotidiennement, à partir d'algorithmes qui ne sont pas forcément maîtrisés, ou tellement nombreux que l'on ne sait plus lequel choisir et pourquoi.

Le mérite de cet ouvrage est de passer en revue de manière systématique un certain nombre d'algorithmes plus ou moins célèbres, en mettant en valeur pour chacun ses avantages et ses inconvénients. Ce travail méticuleux et très austère a comme premier résultat de rassembler en un même endroit des techniques habituellement éparpillées dans des publications qui ne sont pas toujours facilement accessibles.

Le deuxième mérite est de fournir une bibliothèque d'outils raisonnés, dans trois domaines à la base de la synthèse d'image (même au delà des algorithmes élémentaires), à savoir la génération de courbes, le remplissage de taches et les traitements de nature géométrique. Ainsi, le lecteur trouvera rassemblés les fondements de tout système de synthèse d'image.

Enfin, par delà la diversité des algorithmes, l'auteur a su faire converger les différentes idées, en traitant plus particulièrement de deux techniques, qui relient entre eux quelques algorithmes, et peuvent donc servir de base systématique à un logiciel : les générations de courbes avec le mécanisme de Bresenham, et les traitements variés à partir du suivi de contour. Cet aspects synthétique à partir de méthodes a priori très diverses constitue un des apports les plus importants de cet ouvrage.

Je crois fermement que ce livre rendra beaucoup de services et que, par suite, il aura beaucoup d'influence sur la conception des logiciels graphiques. Je lui souhaite longue vie.

Michel Lucas  
Professeur à l'Université de Nantes

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

# SOMMAIRE

<b>PREFACE</b> .....	
<b>SOMMAIRE</b> .....	
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>1 - GENERALITES SUR LES TRAITEMENTS ELEMENTAIRES EN SYNTHESE D'IMAGE</b> .....	3
1.1. Algorithmes et traitements élémentaires .....	3
1.2. L'information image .....	4
1.3. Codification de l'image .....	5
1.4. Les traitements en synthèse d'image .....	7
<b>2 - GENERATION DE COURBES SUR UNE SURFACE A POINTILLAGE</b> .....	11
2.1. Introduction .....	11
2.2. Classification générale .....	12
2.2.1. Les méthodes numériques .....	12
2.2.2. Les méthodes incrémentales .....	13
2.2.3. Conclusion .....	13
2.3. Les méthodes incrémentales .....	14
2.3.1. Introduction .....	14
2.3.2. Les méthodes incrémentales générales .....	14
2.3.2.1. Généralités .....	14
2.3.2.2. La méthode de JORDAN et al. ....	15
2.3.2.3. Conclusion .....	18
2.3.3. Les méthodes incrémentales spécifiques .....	18
2.3.3.1. Généralités .....	18
2.3.3.2. Généralisation du principe de BRESENHAM .....	18
2.3.3.3. Conclusion .....	21
2.4. Génération des segments de droite .....	21
2.4.1. L'algorithme de LUCAS .....	21
2.4.2. L'algorithme de BRESENHAM .....	22
2.4.3. Génération d'un ensemble de segments de droite .....	23
2.4.3.1. Compression .....	24
2.4.3.2. Répétition .....	24

2.5. Génération des cercles . . . . .	25
2.5.1. L'algorithme de BRESENHAM . . . . .	25
2.5.2. Génération des arcs de cercle . . . . .	27
2.5.2.1. Le problème . . . . .	27
2.5.2.2. L'algorithme de BRESENHAM . . . . .	29
2.6. Génération des ellipses . . . . .	31
2.6.1. Ellipses simples (algorithme de ROY) . . . . .	31
2.6.2. Ellipses quelconques (algorithme de ROY) . . . . .	34
2.7. Génération des paraboles . . . . .	37
2.7.1. Arcs de parabole simple (algorithme de ROY) . . . . .	37
2.7.2. Arcs de parabole quelconque . . . . .	39
2.8. Génération des hyperboles . . . . .	39
2.8.1. Généralisation de l'algorithme de BRESENHAM aux hyperboles « simples » . . . . .	39
2.8.2. Hyperboles avec rotation . . . . .	46
2.9. Amélioration du dessin au trait . . . . .	47
2.9.1. Introduction . . . . .	47
2.9.2. Méthode BRESENHAM . . . . .	48
2.9.2.1. Le principe . . . . .	48
2.9.2.2. Amélioration du tracé des segments de droite . . . . .	49
2.9.3. Amélioration du tracé des coniques . . . . .	51
2.9.3.1. La méthode de ROY . . . . .	51
2.9.3.2. Amélioration du tracé des ellipses . . . . .	52
2.9.3.3. Amélioration du tracé des arcs de parabole . . . . .	57
2.9.4. Simulation des grisés . . . . .	60
2.9.4.1. Introduction . . . . .	60
2.9.4.2. Utilisation des cellules prédéfinies . . . . .	60
2.10. Conclusion . . . . .	64
<b>3 – REMPLISSAGE DE TACHES . . . . .</b>	<b>67</b>
3.1. Introduction . . . . .	67
3.2. Le coloriage . . . . .	68
3.2.1. Le principe de base . . . . .	68
3.2.2. L'algorithme de SMITH . . . . .	70
3.2.3. L'algorithme de PAVLIDIS . . . . .	72
3.2.4. Conclusion . . . . .	76
3.3. Le remplissage de taches . . . . .	77
3.3.1. Introduction . . . . .	77
3.3.2. Le balayage ligne par ligne . . . . .	78
3.3.2.1. Introduction . . . . .	78
3.3.2.2. Le remplissage de taches polygonales . . . . .	79
3.3.2.3. Le remplissage de taches non-polygonales . . . . .	83
3.3.2.4. Conclusion . . . . .	85
3.3.3. Le suivi de contour . . . . .	85
3.3.3.1. Le principe . . . . .	85
3.3.3.2. Le remplissage de taches polygonales . . . . .	86
3.3.3.3. Le remplissage d'un ensemble de taches polygonales . . . . .	93
3.3.3.4. Le remplissage de taches non-polygonales . . . . .	94
3.3.3.5. Une application : écriture d'un texte dans une tache polygonale quelconque . . . . .	96
3.3.4. Conclusion . . . . .	107

3.4. Décomposition des taches polygonales en éléments simples . . . . .	108
3.4.1. Introduction . . . . .	108
3.4.2. Nouvel algorithme de décomposition . . . . .	109
3.4.2.1. La méthode de BENTLEY et OTTMAN . . . . .	109
3.4.2.2. Utilisation de la méthode de BENTLEY et OTTMAN . . . . .	110
3.4.3. Conclusion . . . . .	113
3.5. Le hachurage de taches polygonales . . . . .	113
3.5.1. Le hachurage vertical ou horizontal . . . . .	113
3.5.2. Hachurage oblique de contours polygonaux . . . . .	114
3.5.2.1. Introduction . . . . .	114
3.5.2.2. Le hachurage oblique par « suivi de contour » . . . . .	114
3.6. Conclusion . . . . .	122
<b>4 – ALGORITHMES DE DECOUPAGE ET TRAITEMENTS DE NATURE GEOMETRIQUE . . . . .</b>	<b>125</b>
4.1. Introduction . . . . .	125
4.2. Classification des problèmes de découpage . . . . .	126
4.3. Comparaison d'un point et d'un contour polygonal . . . . .	132
4.3.1. Introduction . . . . .	132
4.3.2. Comparaison point – contour convexe . . . . .	132
4.3.2.1. Introduction . . . . .	132
4.3.2.2. Méthode de SHAMOS . . . . .	132
4.3.3. Comparaison point – contour non-convexe . . . . .	135
4.3.3.1. Introduction . . . . .	135
4.3.3.2. Méthode du suivi de contour . . . . .	135
4.3.4. Conclusion . . . . .	137
4.4. Découpage d'un segment de droite par un contour polygonal . . . . .	137
4.4.1. Introduction . . . . .	137
4.4.2. Découpage par rapport à une fenêtre rectangulaire . . . . .	137
4.4.2.1. Introduction . . . . .	137
4.4.2.2. L'algorithme de SUTHERLAND-SPROULL . . . . .	139
4.4.2.3. L'algorithme de PAVLIDIS . . . . .	141
4.4.3. Découpage par rapport à un contour convexe . . . . .	143
4.4.3.1. Introduction . . . . .	143
4.4.3.2. Algorithme de PAVLIDIS . . . . .	143
4.4.4. Découpage par rapport à un contour quelconque . . . . .	147
4.4.4.1. Introduction . . . . .	147
4.4.4.2. L'algorithme de suivi de contour . . . . .	147
4.4.5. Conclusion . . . . .	150
4.5. Découpage d'un polygone par une fenêtre polygonale . . . . .	151
4.5.1. Introduction . . . . .	151
4.5.2. L'algorithme de SUTHERLAND et HODGMAN . . . . .	151
4.5.2.1. Découpage d'un polygone par une droite . . . . .	151
4.5.2.2. Généralisation du découpage d'un polygone par une fenêtre . . . . .	153
4.5.3. Intersection de deux polygones convexes . . . . .	153
4.5.3.1. La méthode de SHAMOS . . . . .	153
4.5.3.2. La méthode de O'ROURKE et al. . . . .	163
4.5.3.3. Intersection de deux segments de droite . . . . .	166
4.5.3.4. Conclusion . . . . .	168

4.5.4. Intersection de deux polygones non-convexes . . . . .	168
4.5.4.1. Une approche particulière . . . . .	169
4.5.4.2. L'algorithme de ATHERTON et WEILER . . . . .	171
4.5.5. Conclusion . . . . .	171
4.6. Découpage d'une tache par une fenêtre polygonale . . . . .	173
4.6.1. Introduction . . . . .	173
4.6.2. Découpage explicite . . . . .	173
4.6.3. Découpage implicite . . . . .	173
4.6.4. Conclusion . . . . .	174
4.7. Découpage d'une tache par une autre . . . . .	175
4.7.1. Introduction . . . . .	175
4.7.2. Tache définie par un ensemble de points . . . . .	176
4.7.3. Tache définie par un ensemble d'intervalles . . . . .	179
4.7.3.1. Introduction . . . . .	179
4.7.3.2. Algorithme de découpage de deux taches . . . . .	180
4.8. Généralisation aux taches non-polygonales . . . . .	183
4.8.1. Comparaison point – contour non-polygonal . . . . .	183
4.8.2. Découpage d'un segment par un contour non-polygonal . . . . .	184
4.8.3. Découpage d'un arc de cercle par un contour non-polygonal . . . . .	187
4.8.4. Conclusion . . . . .	189
4.9. Conclusion . . . . .	189
<b>BIBLIOGRAPHIE . . . . .</b>	<b>191</b>
<b>LISTE DES ALGORITHMES . . . . .</b>	<b>196</b>
<b>INDEX . . . . .</b>	<b>198</b>