



HAL
open science

Etude des problèmes de conception et de réalisation d'animation : le système SAFRAN

Francis Martinez

► **To cite this version:**

Francis Martinez. Etude des problèmes de conception et de réalisation d'animation : le système SAFRAN. Modélisation et simulation. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG; Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1977. Français. NNT: . tel-00287440

HAL Id: tel-00287440

<https://theses.hal.science/tel-00287440>

Submitted on 12 Jun 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE

présentée à

**Université Scientifique et Médicale de Grenoble
Institut National Polytechnique de Grenoble**

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE 3ème CYCLE
«Informatique»

par

Francis MARTINEZ



**ETUDE DES PROBLEMES DE CONCEPTION
ET DE REALISATION D'ANIMATION :
LE SYSTEME SAFRAN**



Thèse soutenue le 23 mai 1977 devant la Commission d'Examen

Président : J. KUNTZMANN

Examineurs { L. BOLLIET
M. LUCAS
G. VEILLON

Invité : R.A. GUEDJ

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE
ET MEDICALE DE GRENOBLE

Monsieur Gabriel CAU : Président

Monsieur Pierre JULLIEN : Vice Président

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L'U.S.M.G.

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.	AMBLARD Pierre	Clinique de dermatologie
	ARNAUD Paul	Chimie
	ARVIEU Robert	I.S.N.
	AUBERT Guy	Physique
	AYANT Yves	Physique approfondie
Mme.	BARBIER Marie-Jeanne	Electrochimie
MM.	BARBIER Jean-Claude	Physique expérimentale
	BARBIER Reynold	Géologie appliquée
	BARJON Robert	Physique nucléaire
	BARNOU Fernand	Biosynthèse de la cellulose
	BARRA Jean-René	Statistiques
	BARRIE Joseph	Clinique chirurgicale
	BEAUDOING André	Clinique de pédiatrie et puériculture
	BELORIZKY Elie	Physique
	BERNARD Alain	Mathématiques pures
Mme.	BERTRANDIAS Françoise	Mathématiques pures
MM.	BERTRANDIAS Jean-Paul	Mathématiques pures
	BEZEZ Henri	Pathologie chirurgicale
	BLAMBERT Maurice	Mathématiques pures
	BOLLIET Louis	Informatique (IUT B)
	BONNET Jean-Louis	Clinique ophtalmologique
	BONNET-EYMARD Joseph	Clinique gastro-entérologique
Mme.	BONNIER Marie-Jeanne	Chimie générale
MM.	BOUCHERLE André	Chimie et toxicologie
	BOUCHEZ Robert	Physique nucléaire
	BOUSSARD Jean-Claude	Mathématiques appliquées
	BOUTET DE MONVEL Louis	Mathématiques pures
	BRAVARD Yves	Géographie
	CABANEL Guy	Clinique rhumatologique et hydrologique
	CALAS François	Anatomie
	CARLIER Georges	Biologie végétale
	CARRAZ Gilbert	Biologie animale et pharmacodynamie
	CAU Gabriel	Médecine légale et toxicologie
	CAUQUIS Georges	Chimie organique
	CHABAUTY Claude	Mathématiques pures
	CHARACHON Robert	Clinique oto-rhino-laryngologique
	CHATEAU Robert	Clinique de neurologie
	CHIBON Pierre	Biologie animale
	COEUR André	Pharmacie chimique et chimie analytique
	CONTAMTIN Robert	Clinique gynécologique
	COUDERC Pierre	Anatomie pathologique

Mme.	DEBELMAS Anne-Marie	Matière médicale
MM.	DEBELMAS Jacques	Géologie générale
	DEGRANGE Charles	Zoologie
	DELORMAS Pierre	Pneumophtisiologie
	DEPORTES Charles	Chimie minérale
	DESRE Pierre	Métallurgie
	DESSAUX Georges	Physiologie animale
	DODU Jacques	Mécanique appliquée (IUT I)
	DOLIQUE Jean-Michel	Physique des plasmas
	DREYFUS Bernard	Thermodynamique
	DUCROS Pierre	Cristallographie
	GAGNAIRE Didier	Chimie physique
	GALVANI Octave	Mathématiques pures
	GASTINEL Noël	Analyse numérique
	GAVEND Michel	Pharmacologie
	GEINDRE Michel	Electroradiologie
	GERBER Robert	Mathématiques pures
	GERMAIN Jean-Pierre	Mécanique
	GIRAUD Pierre	Géologie
	JANIN Bernard	Géographie
	KAHANE André	Physique générale
	KOSZUL Jean-Louis	Mathématiques pures
	KLEIN Joseph	Mathématiques pures
	KRAVTCHENKO Julien	Mécanique
	KUNTZMANN Jean	Mathématiques appliquées
	LACAZE Albert	Thermodynamique
	LACHARME Jean	Biologie végétale
Mme.	LAJZEROWICZ Janine	Physique
MM.	LAJZEROWICZ Joseph	Physique
	LATREILLE René	Chirurgie générale
	LATURAZE Jean	Biochimie pharmaceutique
	LAURENT Pierre-Jean	Mathématiques Appliquées
	LEDRU Jean	Clinique médicale B
	LE ROY Philippe	Mécanique (IUT I)
	LLIBOUTRY Louis	Géophysique
	LOISEAUX Pierre	Sciences nucléaires
	LONGEQUEUE Jean-Pierre	Physique nucléaire
	LOUP Jean	Géographie
Melle	LUTZ Elisabeth	Mathématiques pures
MM.	MALINAS Yves	Clinique obstétricale
	MARTIN-NOEL Pierre	Clinique cardiologique
	MAZARE Yves	Clinique médicale A
	MICHEL Robert	Minéralogie et pétrographie
	MICOUD Max	Clinique maladies infectieuses
	MOURIQUAND Claude	Histologie
	MOUSSA André	Chimie nucléaire
	NOZIERES Philippe	Spectrométrie physique
	OZENDA Paul	Botanique
	PAYAN Jean-Jacques	Mathématiques pures
	PEBAY-PEYROULA Jean-Claude	Physique
	PERRET Jean	Semeiologie médicale (Neurologie)
	RASSAT André	Chimie systématique
	RENARD Michel	Thermodynamique
	REVOL Michel	Urologie
	RINALDI Renaud	Physique
	DE ROUGEMONT Jacques	Neuro-chirurgie
	SEIGNEURIN Raymond	Microbiologie et Hygiène
	SENGEL Philippe	Zoologie
	SIBILLE Robert	Construction mécanique (IUT I)

MM.	SOUTIF Michel	Physique générale
	TANCHE Maurice	Physiologie
	TRAYNARD Philippe	Chimie générale
	VAILLANT François	Zoologie
	VALENTIN Jacques	Physique nucléaire
	VAUQUOIS Bernard	Calcul électronique
Mme.	VERAIN Alice	Pharmacie galénique
MM.	VERAIN André	Physique
	VEYRET Paul	Géographie
	VIGNAIS Pierre	Biochimie médicale

PROFESSEURS ASSOCIES

MM.	CRABBE Pierre	CERMO
	DEMBICKI Eugéniuz	Mécanique
	JOHNSON Thomas	Mathématiques appliquées
	PENNEY Thomas	Physique

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Melle	AGNIUS-DELDORD Claudine	Physique pharmaceutique
	ALARY Josette	Chimie analytique
MM.	AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie
	ARMAND Gilbert	Géographie
	BENZAKEN Claude	Mathématiques appliquées
	BIAREZ Jean-Pierre	Mécanique
	BILLET Jean	Géographie
	BOUCHET Yves	Anatomie
	BRUGEL Lucien	Energétique (IUT I)
	BUISSON René	Physique (IUT I)
	BUTEL Jean	Orthopédie
	COHEN ADDAD Pierre	Spectrométrie physique
	COLOMB Maurice	Biochimie
	CONTE René	Physique (IUT I)
	DELOBEL Claude	M.I.A.G.
	DEPASSEL Roger	Mécanique des fluides
	FONTAINE Jean-Marc	Mathématiques pures
	GAUTRON René	Chimie
	GIDON Paul	Géologie et minéralogie
	GLENAT René	Chimie organique
	GROULADE Joseph	Biologie médicale
	HACQUES Gérard	Calcul numérique
	HOLLARD Daniel	Hématologie
	HUGONOT Robert	Hygiène et médecine préventive
	IDELMAN Simon	Physiologie animale
	JOLY Jean-René	Mathématiques pures
	JULLIEN Pierre	Mathématiques appliquées
Mme.	KAHANE Josette	Physique
MM.	KRAKOWIACK Sacha	Mathématiques appliquées
	KUHN Gérard	Physique (IUT I)
	LUU DUC Cuong	Chimie organique
	MAYNARD Roger	Physique du solide
Mme.	MINIER Colette	Physique (IUT I)
MM.	PELMONT Jean	Biochimie
	PERRIAUX Jean-Jacques	Géologie et minéralogie
	PFISTER Jean-Claude	Physique du solide
Melle	PIERY Yvette	Physiologie animale

MM.	RAYNAUD Hervé	M.I.A.G.
	REBECQ Jacques	Biologie (CUS)
	REYMOND Jean-Charles	Chirurgie générale
	RICHARD Lucien	Biologie végétale
Mme.	RINAUDO Marguerite	Chimie macromoléculaire
MM.	ROBERT André	Chimie papetière
	SARRAZIN Roger	Anatomie et chirurgie
	SARROT-REYNAULD Jean	Géologie
	SIROT Louis	Chirurgie générale
Mme.	SOUTIF Jeanne	Physique générale
MM.	STIEGLITZ Paul	Anesthésiologie
	VIALON Pierre	Géologie
	VAN CUTSEM Bernard	Mathématiques appliquées

MAITRES DE CONFERENCES ET MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM.	ARMAND Yves	Chimie (IUT I)
	BACHELOT Yvan	Endocrinologie
	BARGE Michel	Neuro-chirurgie
	BEGUIN Claude	Chimie organique
Mme	BERIEL Hélène	Pharmacodynamie
MM.	BOST Michel	Pédiatrie
	BOUCHARLAT Jacques	Psychiatrie adultes
Mme.	BOUCHE Liane	Mathématiques (CUS)
MM.	BRODEAU François	Mathématiques (IUT B) (Personne étrangère habilitée à être directeur de thèse)
	CHAMBAZ Edmond	Biochimie médicale
	CHAMPETIER Jean	Anatomie et organogénèse
	CHARDON Michel	Géographie
	CHERADAME Hervé	Chimie papetière
	CHIAVERINA Jean	Biologie appliquée (EFP)
	CONTAMIN Charles	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
	CORDONNIER Daniel	Néphrologie
	COULOMB Max	Radiologie
	CROUZET Guy	Radiologie
	CYROT Michel	Physique du solide
	DENIS Bernard	Cardiologie
	DOUCE Roland	Physiologie végétale
	DUSSAUD René	Mathématiques (CUS)
Mme.	ETERRADOSSI Jacqueline	Physiologie
MM.	FAURE Jacques	Médecine légale
	FAURE Gilbert	Urologie
	GAUTIER Robert	Chirurgie générale
	GIDON Maurice	Géologie
	GROS Yves	Physique (IUT I)
	GUIGNIER Michel	Thérapeutique
	GUITTON Jacques	Chimie
	HICTER Pierre	Chimie
	JALBERT Pierre	Histologie
	JULIEN-LAVILLAVROY Claude	O.R.L.
	KOLODIE Lucien	Hématologie
	LE NOC Pierre	Bactériologie-virologie
	MACHE Régis	Physiologie végétale
	MAGNIN Robert	Hygiène et médecine préventive
	MALLION Jean-Michel	Médecine du travail
	MARECHAL Jean	Mécanique (IUT I)
	MARTIN-BOUYER Michel	Chimie (CUS)
	MICHOULLIER Jean	Physique (IUT I)

MM.	NEGRE Robert	Mécanique (IUT I)
	NEMOZ Alain	Thermodynamique
	NOUGARET Marcel	Automatique (IUT I)
	PARAMELLE Bernard	Pneumologie
	PECCOUD François	Analyse (IUT B) (Personnalité étrangère habilité à être directeur de thèse)
	PEFFEN René	Métallurgie (IUT I)
	PERRIER Guy	Géophysique-Glaciologie
	PHELIP Xavier	Rhumatologie
	RACHAIL Michel	Médecine interne
	RACINET Claude	Gynécologie et obstétrique
	RAMBAUD André	Hygiène et hydrologie (Pharmacie)
	RAMBAUD Pierre	Pédiatrie
	RAPHAEL Bernard	Stomatologie
Mme.	RENAUDET Jacqueline	Bactériologie (Pharmacie)
MM.	ROBERT Jean-Bernard	Chimie physique
	Romier Guy	Mathématiques (IUT B) (Personnalité étrangère habilité à être directeur de thèse)
	SCHAERER René	Cancérologie
	SHOM Jean-Claude	Chimie générale
	STOEBNER Pierre	Anatomie pathologie
	VROUSOS Constantin	Radiologie

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

MM.	DEVINE Roderick	Spectro physique
	HODGES Christopher	Transition de phases

Fait à SAINT MARTIN D'HERES, NOVEMBRE 1976.

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

Monsieur Philippe TRAYNARD : Président

Monsieur Pierre-Jean LAURENT : Vice Président

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.	BENOIT Jean	Radioélectricité
	BESSON Jean	Electrochimie
	BLOCH Daniel	Physique du solide
	BONNETAIN Lucien	Chimie minérale
	BONNIER Etienne	Electrochimie et électrometallurgie
	BOUDOURIS Georges	Radioélectricité
	BRISSENEAU Pierre	Physique du solide
	BUYLE-BODIN Maurice	Electronique
	COUMES André	Radioélectricité
	DURAND Francis	Métallurgie
	FELICI Noël	Electrostatique
	FOULARD Claude	Automatique
	LESPINARD Georges	Mécanique
	MOREAU René	Mécanique
	PARIAUD Jean-Charles	Chimie-Physique
	PAUTHENET René	Physique du solide
	PERRET René	Servomécanismes
	POLOUJADOFF Michel	Electrotechnique
	SILBER Robert	Mécanique des fluides

PROFESSEUR ASSOCIE

M.	ROUXEL Roland	Automatique
----	---------------	-------------

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM.	BLIMAN Samuel	Electronique
	BOUVARD Maurice	Génie mécanique
	COHEN Joseph	Electrotechnique
	LACOUME Jean-Louis	Géophysique
	LANCIA Roland	Electronique
	ROBERT François	Analyse Numérique
	VEILLON Gérard	Informatique fondamentale et appliquée
	ZADWORNÝ François	Electronique

MAITRES DE CONFERENCES

MM.	ANCEAU François	Mathématiques appliquées
	CHARTIER Germain	Electronique
	GUYOT Pierre	Chimie minérale
	IVANES Marcel	Electrotechnique
	JOUBERT Jean-Claude	Physique du solide
	MORET Roger	Electrotechnique nucléaire
	PIERRARD Jean-Marie	Mécanique
	SABONNADIÈRE Jean-Claude	Informatique fondamentale et appliquée
Mme.	SAUCIER Gabrièle	Informatique fondamentale et appliquée

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

M.	LANDAU Ioan	Automatique
----	-------------	-------------

CHERCHEURS DU C.N.R.S. (Directeur et Maîtres de Recherche)

MM.	FRUCHART Robert	Directeur de Recherche
	ANSARA Ibrahim	Maître de Recherche
	CARRE René	Maître de Recherche
	DRIOLE Jean	Maître de Recherche
	MATHIEU Jean-Claude	Maître de Recherche
	MUNIER Jacques	Maître de Recherche

Je tiens à remercier,

Monsieur le Professeur J. KUNTZMANN, qui a bien voulu me faire l'honneur de présider le jury de cette thèse,

Monsieur le Professeur L. BOLLIET, pour l'attention qu'il a manifesté en acceptant de siéger à ce jury,

Monsieur le Professeur G. VEILLON, pour les conseils et les critiques qu'il m'a prodigués tout au long de cette étude,

Monsieur R.A. GUEDJ, et l'équipe Communication Homme-Machine du Laboratoire Thomson L.C.R. qu'il dirige, pour leur collaboration efficace et l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à mon travail,

Monsieur M. LUCAS, qui, par ses judicieux conseils, sa compétence et sa participation active à cette étude, a déterminé l'orientation de mes recherches et m'a apporté l'aide sans laquelle ce travail n'aurait pu aboutir,

Je tiens également à exprimer ma vive gratitude à tous ceux avec qui j'ai travaillé au sein du laboratoire, en particulier Messieurs C. LAUGIER et A. LEDUC-LEBALLEUR.

Je n'oublierai pas d'adresser mes remerciements aux services de dactylographie et de tirage pour le soin qu'ils ont apporté à la réalisation matérielle de cette thèse, ainsi qu'à ma femme pour l'aide et les encouragements qu'elle m'a toujours prodigués quand ce fut nécessaire.

*Une partie de ce travail a été effectuée dans le cadre
du contrat D.R.M.E. N° 74.34.481.00.480.75.01*

TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION -----	1
1. Présentation-----	1
2. Historique de l'animation assistée par ordinateur-----	4
2.1. Période 1960-1966-----	4
2.2. Période 1966-1969-----	5
2.3. Période 1969-1976-----	7
3. L'évolution du matériel-----	11
3.1. Le traitement par lots-----	11
3.2. Le traitement interactif-----	12
 II. LES TECHNIQUES DE L'ANIMATION -----	 15
1. L'animation traditionnelle-----	16
1.1. La création des dessins-----	16
1.2. L'animation des dessins-----	17
1.2.1. Les dessins-clés-----	17
1.2.2. Les dessins intermédiaires-----	18
1.2.3. Quelques techniques d'animation-----	18
1.3. La prise de vues-----	20
2. L'animation assistée par ordinateur-----	22
2.1. Les différentes approches possibles-----	22
2.2. Les différents niveaux des systèmes d'animation-----	23
2.3. Choix des grands axes du système SAFRAN-----	24
3. L'apport du système SAFRAN à l'animation-----	27
3.1. Les animateurs professionnels-----	27
3.2. Les utilisateurs potentiels-----	28
 III. LES CONCEPTS FONDAMENTAUX DU SYSTEME SAFRAN -----	 29
1. Les entités du système-----	30
1.1. Les dessins-----	30
1.1.1. Définitions-----	30
1.1.2. Caractérisation d'un dessin-----	31

1.2. Les acteurs-----	33
1.2.1. Présentation-----	33
1.2.2. Caractérisation d'un acteur-----	35
1.3. Les scènes-----	36
1.3.1. Le cadre de la scène-----	36
1.3.2. les acteurs de la scène-----	39
1.3.3. La mise en scène-----	40
2. La description de l'animation-----	42
2.1. Les fonctions d'animation-----	42
2.1.1. Le domaine d'évolution-----	43
2.1.2. La fonction d'évolution-----	44
2.1.3. Champ d'application d'une fonction d'animation-----	45
2.2. Les déplacements-----	46
2.2.1. Les translations-----	46
2.2.2. Les rotations-----	48
2.3. Les transformations-----	49
2.3.1. Les déformations-----	49
2.3.2. Les métamorphoses-----	50
2.4. Les modifications d'aspect-----	52
3. La réalisation du film-----	53
3.1. L'animation des scènes-----	53
3.2. L'enchaînement des séquences-----	54
3.3. Le montage du film-----	54
IV. LES ELEMENTS DE BASE DU SYSTEME SAFRAN -----	57
1. Le relevé-----	57
1.1. Définition-----	57
1.2. Les différentes interprétations d'un relevé-----	58
1.3. L'utilisation des relevés-----	59
1.3.1. Les dessins-----	60
1.3.2. Les domaines d'évolution-----	61
1.3.3. Les fonctions d'évolution-----	64
2. La trame-----	65
2.1. Définition-----	65
2.2. Utilisation des trames-----	67

3. L'acteur-----	69
3.1. Les attributs-----	69
3.1.1. Le repère-----	70
3.1.2. La trame-----	70
3.1.3. Les états-----	72
3.1.4. Les attributs de l'acteur-----	73
3.2. L'animation d'un acteur-----	74
3.2.1. La manipulation de la trame-----	74
3.2.2. La manipulation du repère-----	75
3.2.3. Le passage d'un état à l'autre-----	76
3.3. Les contraintes-----	78
3.3.1. Les limitations-----	79
3.3.2. Les évolutions propres-----	80
3.3.3. les réactions-----	83
3.3.4. La compatibilité des contraintes-----	86
4. Les décors et la caméra-----	89
4.1. Le décor-----	89
4.2. La caméra-----	90
5. La scène-----	91
5.1. Les participants à la scène-----	91
5.2. L'animation des participants-----	92
5.2.1. La synchronisation des participants-----	93
5.2.2. L'interdépendance des participants-----	94
5.2.3. Les conséquences de l'animation de la caméra-----	95
6. Le film-----	96
6.1. La séquence-----	96
6.1.1. La durée de projection-----	96
6.1.2. La fonction d'évolution-----	96
6.2. L'écoulement du temps-----	97
 V. LE DIALOGUE ANIMATEUR-SYSTEME -----	 99
1. Les éléments de base du dialogue-----	99
1.1. L'indépendance vis à vis du matériel-----	99
1.2. Les fonctions de base du dialogue-----	100

1.2.1. La collecte d'un relevé-----	101
1.2.2. L'introduction d'un nom-----	101
1.2.3. Le menu-----	101
1.3. Les catalogues-----	103
1.3.1. Utilisation des catalogues-----	103
1.3.2. La gestion et la consultation des catalogues-----	105
2. L'organisation générale de la mise en oeuvre-----	107
2.1. Les contextes-----	107
2.2. L'imbrication dynamique des contextes-----	108
3. La réalisation interactive du film-----	111
3.1. La conception des entités du film-----	111
3.2. L'édition du film-----	112
3.2.1. La création des séquences-----	113
3.2.2. L'enchaînement des séquences-----	115
3.2.3. La modification des séquences-----	115
3.3. Le visionnage-----	117
3.3.1. La mise à l'heure de l'horloge-----	117
3.3.2. Le défilement-----	118
4. La mise en scène interactive-----	120
4.1. La création d'une scène-----	120
4.2. L'édition d'une scène-----	121
4.2.1. La création d'un participant-----	121
4.2.2. La modification d'un participant-----	121
4.2.3. La suppression d'un participant-----	122
4.2.4. Le visionnage d'un participant-----	122
5. La création d'acteurs-----	124
5.1. L'édition d'un acteur-----	124
5.1.1. La modification des contraintes-----	124
5.1.2. La modification de l'animation interne---	128
5.2. La création d'un acteur-----	129
6. La description de l'animation-----	130
6.1. L'animation externe-----	130
6.2. L'animation interne-----	131

6.3. L'introduction d'un domaine-----	131
6.3.1. Les domaines statiques-----	131
6.3.2. Les domaines dynamiques-----	132
6.3.3. Cas de l'attribut "état"-----	132
6.4. Introduction d'une fonction d'évolution-----	134
6.4.1. La superposition des fonctions d'évolution-----	135
6.4.2. La présentation des instants marqués-----	135
6.4.3. L'évolution des états-----	136
7. La création des dessins-----	137
7.1. La présentation du catalogue-----	137
7.2. L'édition d'un dessin-----	137
7.2.1. La modification des relevés-----	138
7.2.2. L'insertion d'un relevé-----	138
7.3. La création d'un dessin-----	139
 VI. L'IMPLEMENTATION DES MECANISMES DE BASE -----	 141
1. L'influence du matériel-----	141
1.1. Les différentes configurations-----	141
1.1.1. Le dialogue-----	142
1.1.2. L'affichage-----	144
1.2. La réalisation des fonctions de base-----	145
1.2.1. Le menu-----	147
1.2.2. L'affichage-----	148
2. Les relevés et leurs caractéristiques-----	150
2.1. Représentation interne-----	150
2.1.1. La section-----	150
2.1.2. Le type de la section-----	153
2.1.3. La couleur et la transparence-----	153
2.2. L'association d'une trame-----	155
2.2.1. Trame régulière-----	155
2.2.2. Trame quelconque-----	157
3. Les différentes interprétations des relevés-----	161

3.1. Les éléments de dessin-----	161
3.1.1. Détermination des points du tracé-----	161
3.1.2. Coloriage d'un relevé-----	162
3.2. Les domaines d'évolution-----	164
3.2.1. Les trajectoires-----	165
3.2.2. Les ensembles d'angles-----	166
3.2.3. Les ensembles de tailles-----	167
3.3. Les fonctions d'évolution-----	168
3.3.1. Représentation interne-----	168
3.3.2. Les fonctions d'évolution implicites-----	168
3.3.3. Les fonctions d'évolution explicites-----	169
4. La génération des états intermédiaires-----	170
4.1. Position du problème-----	170
4.2. L'équilibrage des dessins-----	172
4.2.1. Corrélation des relevés-----	172
4.2.2. Les couloirs d'évolution-----	173
4.2.3. Description des étapes d'évolution-----	173
4.2.4. Détermination de la transformation à l'intérieur d'un couloir-----	177
4.2.5. Découpage et ajustement d'un relevé-----	179
4.3. L'interpolation des relevés-----	184
4.3.1. Fonctions et vecteur d'influence-----	185
4.3.2. Interpolation linéaire par morceaux-----	187
4.4. Exemples d'interpolation-----	188
5. Les contraintes-----	190
5.1. La compatibilité des contraintes-----	190
5.1.1. Les contraintes simples-----	191
5.1.2. Les contraintes composées-----	191
5.1.3. Les contraintes incompatibles-----	192
5.2. La satisfaction des contraintes-----	193
5.2.1. Les contraintes simples-----	193
5.2.2. Les contraintes composées-----	193
VII. CONCLUSION-----	201
BIBLIOGRAPHIE-----	205

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1 - PRESENTATION

L'apparition des consoles de visualisation interactives dans l'univers de l'informatique, a ouvert la voie à un nouveau moyen de communication entre l'homme et la machine : le dessin. Le caractère universel de ce support d'information, qui ne connaît ni les limitations ni les ambiguïtés de l'écriture, a suscité de nouveaux besoins, provoquant ainsi l'essor que connaissent aujourd'hui les techniques graphiques.

L'évolution de ces techniques, tant du point de vue du matériel que du logiciel, a permis d'élargir considérablement l'éventail des recherches menées dans ce domaine. Ainsi, ces différents travaux, après avoir concerné plus particulièrement la description et la représentation des objets de l'espace à deux et à trois dimensions, s'attachent également, à l'heure actuelle, à résoudre les problèmes posés par la production d'images dynamiques, c'est-à-dire la conception de dessins animés à l'aide d'un ordinateur.

Ce nouveau mode d'expression (apparu en 1960), est l'objet d'une demande de plus en plus forte de la part de nombreux utilisateurs parmi lesquels se trouvent aussi bien des informaticiens désireux d'illustrer l'évolution d'un modèle de simulation, le déroulement d'une conception assistée par ordinateur ou le comportement d'un algorithme, que des utilisateurs "hors informatique" tels que les enseignants, les concepteurs, les cinéastes, ou les animateurs professionnels.

Pour répondre à ces besoins divers, un certain nombre de travaux ont été entrepris dans ce domaine au cours des dix dernières années. Les diffé-

rentes recherches effectuées jusqu'à présent ont eu comme objectif principal la production de films d'animation, sans s'attacher à la complexité de description de ces derniers. La plupart des systèmes d'aide à la conception de dessins animés nécessitent, en effet, la présence simultanée de l'utilisateur et d'un informaticien susceptible de traduire pour la machine les désirs du premier. Cette approche, qui résulte en fait d'une connaissance insuffisante des problèmes des utilisateurs, tend du même coup à limiter leur nombre.

L'étude de cette situation nous a permis de déduire les principaux inconvénients des approches classiques, à savoir : l'omniprésence du support informatique et la mauvaise adaptation des outils proposés aux besoins réels. Une solution à ce problème consiste, alors, à offrir à chaque classe d'utilisateurs, un système spécifique tenant compte, au maximum, de ses exigences et de ses habitudes.

Cette approche entièrement nouvelle, nous a conduit à proposer un système d'aide à la conception de dessins animés, destiné aux utilisateurs non informaticiens, et basé sur les principes de l'animation traditionnelle : le système SAFRAN.

Il est à noter qu'une approche similaire, utilisée pour la classe des utilisateurs informaticiens, a abouti, récemment, à la réalisation d'un système d'interprétation graphique de données (25).

L'objectif fixé pour la réalisation de ce système nous a donc amenés, tout d'abord, à étudier les techniques et les outils utilisés par l'animation traditionnelle ainsi que les principes de leur transposition au niveau informatique (chapitre II).

Ces principes établis, nous avons examiné un ensemble de concepts fondamentaux, familiers à l'utilisateur, et susceptibles de lui donner les possibilités et la souplesse d'emploi qu'il attend (chapitre III).

L'étude des éléments de base nécessaires à la réalisation d'un tel système nous a permis de mettre en évidence, outre leur constitution, le rôle et l'influence de chacun de leurs composants (chapitre IV).

Le point de vue de l'utilisateur, objectif constant de notre étude, est évoqué à travers la description du dialogue animateur-système. Les problèmes d'indépendance vis-à-vis du matériel et de mise en oeuvre de ce dialogue, exclusivement graphique, sont également étudiés (chapitre V).

La réalisation de ce système d'aide à la conception de dessins animés, nous a conduit d'une part à adapter des méthodes classiques à nos besoins précis, et d'autre part, à proposer un certain nombre de techniques nouvelles, notamment en ce qui concerne la génération automatique des dessins intermédiaires (chapitre VI).

Afin de situer le système SAFRAN par rapport à ses prédécesseurs, nous débuterons cette étude par un bref rappel historique des techniques et du matériel utilisés pour la conception et la réalisation d'animation à l'aide d'un ordinateur.

2 - HISTORIQUE DE L'ANIMATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR

2.1 - Période 1960-1966

L'utilisation de l'ordinateur pour la production de dessins animés est relativement récente. C'est en effet, en 1960, que la Compagnie Boeing présenta pour la première fois un film réalisé à l'aide d'un ordinateur et permettant d'illustrer le comportement et la visibilité du pilote lors d'un atterrissage (14). On peut citer également les films produits aux Bell Telephone Laboratories en 1963, par E.E. Zajac (44) présentant les mouvements d'un satellite de communication en orbite autour de la terre, et par F. Sinden (39) illustrant le mouvement de deux corps sous l'action de diverses forces de gravité.

Ces films, uniquement à base de lignes animées, furent produits à l'aide de programmes spécifiques fort complexes et, pour la plupart, écrits en Fortran.

C'est en 1964 que K. Knowlton réalisa le premier système d'animation : BEFLIX (23), (24). Ce système repose sur deux langages : un langage de description d'images et un langage de description de films.

Les sorties du système s'effectuent sur microfilm et chaque image est composée à partir d'une grille de 256 x 184 cases auxquelles on peut affecter 8 degrés de luminosité différents. Le manque de précision est atténué à la prise de vues en défocalisant légèrement la caméra. A titre d'exemple, on peut citer un film de 17 minutes réalisé par K. Knowlton, à l'aide de BEFLIX, "A computer technique for the Production of Animated Movies", film qui a nécessité la création de 3000 images différentes, obtenues à l'aide d'un programme de 2000 instructions environ.

Les années suivantes ont vu naître un certain nombre de langages d'animation, tels CAFE (36); CAMP (11); HICAMP (1), (43); SOLIDS (16); GROATS (20).

La majorité de ces langages fournissent les moyens de définir des dessins à base de traits et de chaînes de caractères en deux ou trois dimensions. Les objets ainsi créés peuvent être manipulés dans l'espace et, en général, le point de vue de la caméra peut également être déplacé autour des objets. Les mouvements résultent d'une combinaison de translations et de rotations exprimées plus ou moins commodément à l'aide du langage. Les principales critiques que l'on peut faire à ces différents systèmes sont les suivantes :

- La réalisation d'un film est un travail de longue haleine, aucune visualisation préalable n'étant possible.
- L'apprentissage du langage limite l'ensemble des utilisateurs potentiels aux seuls informaticiens.
- Seuls les mouvements répondant à des lois mathématiques simples peuvent être représentés.

On peut dire, pour conclure à propos de ces systèmes, qu'ils ont eu le mérite de démontrer que l'animation assistée par ordinateur était possible dans les cas les plus simples, de stimuler ainsi la demande, et, par voie de conséquence, l'évolution des techniques.

2.2 - Période 1966-1969

L'apparition des premiers systèmes interactifs permit d'élargir considérablement le champ d'action de l'animation assistée par ordinateur. En effet, dans ce mode d'utilisation, l'utilisateur "voit" les objets et les mouvements qu'il génère, ce qui permet de corriger instantanément les défauts éventuels. Le dialogue homme-machine est effectué dans ces systèmes à l'aide d'un langage de commande comprenant un ensemble d'actions que l'utilisateur peut appliquer aux différents objets créés. Nous étudierons, à titre d'exemple, les systèmes GENIAL (28) et GENESYS (2), (3), (4).

- Le système GENIAL, réalisé à Grenoble en 1966, a pour objectif la réalisation de dessins animés à l'aide d'une console et d'un photostyle. Le matériel rudimentaire disponible a conduit à développer un système expérimental dans lequel les calculs sont limités au maximum.

Un certain nombre de concepts nouveaux sont introduits, en particulier la notion d'animation interne à une figure, notion qui permet la description d'objets possédant une animation propre.

Les fonctions d'animation sont appliquées à l'intérieur de blocs d'animation, au fonctionnement analogue à celui d'ALGOL : la fonction appliquée dans le bloc le plus extérieur agit également dans tous les blocs intérieurs. L'une des principales critiques portées au système GENIAL est l'impossibilité d'enrichir la bibliothèque des fonctions d'animation sans avoir recours à un spécialiste.

- Le système GENESYS, réalisé au M.I.T. Lincoln Laboratory, en 1969, est certainement le système le plus complet à l'heure actuelle. Il est à noter, également, que les travaux de Baecker ont influencé un grand nombre de réalisateurs de systèmes d'animation (34), (41), (13), qui se sont inspirés des mécanismes de description interactive des images et des mouvements. GENESYS est un système interactif basé sur un langage de commande nommé APPL (Animation and Picture Processing Language).

APPL est un langage de programmation complet possédant des commandes exécutables immédiatement ; des mécanismes d'extension permettant des définitions récursives ; des concepts de structuration autorisant l'expression d'algorithmes de calcul ainsi que de fonctions d'animation ou d'affichage de figure.

Outre la grande richesse du langage APPL, GENESYS bénéficie de mécanismes de description de mouvement extrêmement souples. En plus des possibi-

lités offertes habituellement par tout système (dessin à main levée de trajectoires, modification, etc...), on trouve la définition de rythme, et la notion de sélection d'images à l'intérieur d'une classe.

Les principaux reproches que l'on peut faire aux systèmes implémentés avant 1969, sont les suivants :

- Ils sont rigides, difficiles à utiliser et à modifier, malgré les mécanismes d'extension.
- L'animateur peut, soit dessiner des mouvements, soit les calculer, mais ne peut combiner les deux modes.
- La qualité de l'image est pauvre, puisque composée exclusivement de lignes.

2.3 - Période 1969-1976

Cette dernière période a vu naître un certain nombre de réalisations apportant quelques solutions aux problèmes ci-dessus. Diverses techniques furent essayées avec plus ou moins de succès et nous exposons, ci-après, les principales d'entre-elles.

TECHNIQUES ANALOGIQUES

Nous citerons dans cette rubrique les systèmes analogiques SCANIMATE (18) et CAESAR (19), développés par Computer Image Corporation, et destinés aux artistes animateurs. Ces deux systèmes utilisent en sortie un moniteur de télévision standard. Les images des objets ou des dessins à animer sont obtenues en filmant ceux-ci directement à l'aide d'une caméra de télévision. L'animation résulte de l'application de signaux analogiques aux images ainsi obtenues. L'utilisateur peut animer ces objets en temps réel à l'aide de potentiomètres, manipulations enregistrées par l'ordinateur en vue

d'une éventuelle rediffusion. Cette technique permet l'obtention de transformations telles la translation, la rotation, ainsi que quelques distorsions particulières, mais ne peut en aucun cas satisfaire l'ensemble des besoins exprimés par les animateurs.

TECHNIQUES D'ANIMATION D'IMAGES COLOREES OU OMBREES

Nous présenterons ici, les travaux menés à l'Université de l'Utah (10), (37) , qui ont abouti à la production de films très réalistes représentant l'évolution d'objets de l'espace à trois dimensions. Ces objets définis à l'aide de faces planes sont visualisés en tenant compte de facteurs tels que : emplacement, intensité et couleur de la source lumineuse ; pouvoir de réflexion et degré de transparence des faces. Ces films obtenus grâce à un matériel exceptionnel (les algorithmes d'élimination des lignes cachées et d'ombrage sont câblés) résultent plus d'une succession d'images différentes que d'une description d'animation au sens habituel.

On peut, également, mentionner dans cette rubrique le système réalisé en 1976 par R. Baecker, sur le modèle de GENESYS et traitant également des surfaces ombrées : SHAZAM (5) .

SHAZAM est un système d'animation basé sur l'utilisation d'un langage extensible et conversationnel, contenant uniquement les primitives d'animation essentielles. Ceci en raison du fait que des primitives plus élaborées peuvent être ajoutées grâce au mécanisme d'extension. Le langage utilisé, "SMALLTALK", s'inspire des concepts de SIMULA. On y retrouve la notion de classe d'objets permettant, entre autres, de faciliter la création d'objets possédant des caractéristiques propres. Au niveau de la création des images, SHAZAM propose, en particulier, une commande permettant de "peindre" un dessin sur l'écran à l'aide d'un photostyle après sélection d'un pinceau de la largeur voulue, et de la "couleur" désirée, qui peut être grise, blanche, noire ou transparente.

TECHNIQUES D'ANIMATION A L'AIDE DE DESSINS-CLES

Ces techniques, assez proches de celles utilisées pour l'animation traditionnelle, ont connu ces dernières années, un grand développement au travers de systèmes tels que celui de Nestor Burtnyk et Marcelli Wein (6), (7), (8), ANTICS (22), KARMA (17) et ANNECY (12). Il est à noter, à propos de ces systèmes, qu'ils traitent uniquement des dessins à base de lignes, l'effet de couleur ou d'ombrage étant obtenu ultérieurement à l'aide de divers artifices techniques.

Les travaux de N. Burtnyk et M. Wein, ont abouti à la réalisation, dès 1971, d'un ensemble de taille réduite, permettant d'engendrer automatiquement les dessins intermédiaires entre deux dessins-clés fournis par le dessinateur. On notera l'utilisation de ce système par Peter Foldes, pour la réalisation d'un certain nombre de films et, en particulier "La faim" (15) avec lequel il a obtenu le Prix du Jury du Festival de Cannes (1974). Le principal reproche que l'on puisse adresser à ce système, est l'obligation dans laquelle se trouve l'animateur, de créer des dessins-clés possédant tous le même nombre de lignes, en respectant l'ordre initial de création. On notera cependant les travaux récents de N. Burtnyk et M. Wein (9), permettant la génération d'intermédiaires pilotée par les mouvements d'un "squelette". Cette technique permet, outre une meilleure définition de l'animation, de s'affranchir partiellement de l'égalité du nombre de lignes, ainsi que de l'ordre de leur création.

Nous présenterons, pour terminer ce tour d'horizon, quelques caractéristiques du système ANTICS; conçu en 1973, par Alan Kitching.

L'animation est obtenue à partir de dessins introduits sur une tablette digitalisante, et de spécifications exprimées au moyen d'une console ou de cartes perforées. Ces spécifications sont exprimées à l'aide d'une quarantaine de mots-clés reconnus par le système et dont chacun correspond à un opérateur d'animation particulier. On peut citer parmi ceux-ci : des commandes

adressées à la caméra (panoramique, zoom, etc...), des effets spéciaux simulant l'utilisation de miroirs déformants, un opérateur d'animation à partir de dessins-clés, et également, à partir des mouvements d'un squelette. Il est également possible d'imposer une trajectoire (dessinée sur la tablette) à un dessin, et de définir une animation cyclique. On notera, toutefois, le manque de souplesse de l'implémentation proposée ne permettant aucune interaction directe sur le déroulement d'un film, celui-ci ne pouvant être visionné qu'après calcul de l'animation complète.

3 - L'EVOLUTION DU MATERIEL

Parallèlement à l'évolution des techniques de traitement, il nous faut aborder l'évolution du matériel, qui revêt une importance capitale dans le domaine de l'animation (29).

L'influence du matériel apparaît aux trois niveaux fondamentaux de la conception :

- Saisie des données.
- Contrôle du traitement.
- Enregistrement des images.

3.1 - Le traitement par lots

Les systèmes les plus anciens furent implémentés sur de gros calculateurs en traitement par lots, la saisie des données (exclusivement des points) était faite dans la quasi-totalité des cas à l'aide de cartes perforées contenant les coordonnées de ces points. Les images produites étaient enregistrées sur une bande magnétique destinée à piloter un terminal de sortie sur microfilm. Le contrôle du traitement, dans la plupart des cas était inexistant ou simplement réduit à l'édition des messages sur une console alphanumérique.

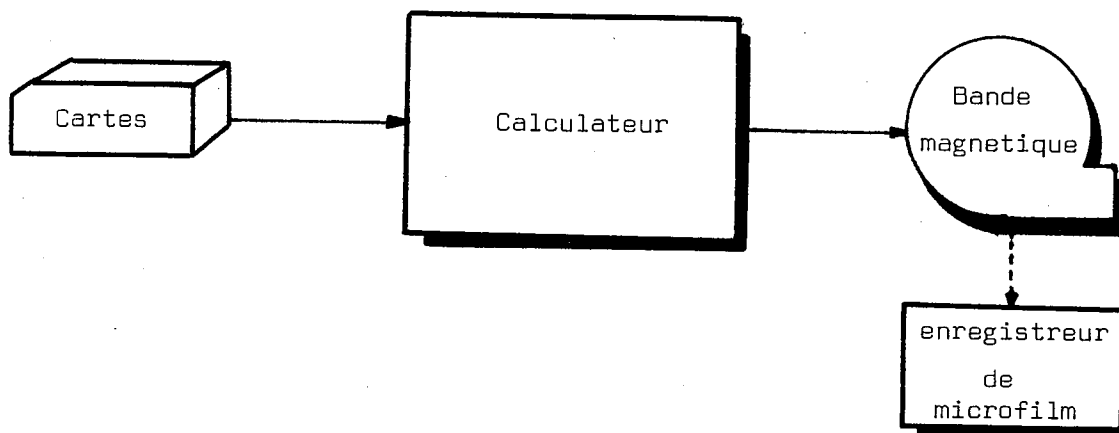


Figure 1.1 - Configuration associée au traitement par lots.

3.2 - Le traitement interactif

L'apparition des consoles de visualisation interactives ainsi que la définition de systèmes généraux facilitant l'utilisation de celles-ci (40) permirent la réalisation de systèmes interactifs évolués, du type de GENESY. La saisie des données fut effectuée alors, directement, de manière graphique à l'aide des outils disponibles (le plus souvent un photostyle), l'animation visualisée en temps réel sur la console permettait un contrôle immédiat de l'effet obtenu, ainsi que la mise en place des corrections éventuelles. Au niveau de l'édition des résultats, outre la sortie sur microfilm, certains systèmes utilisaient une caméra conventionnelle (8 ou 16 mm) destinée à filmer directement les images affichées sur l'écran. Il est à noter que, dans certains cas, la caméra pouvait être contrôlée directement par l'ordinateur qui déclenchait celle-ci en synchronisme avec le traitement.

Ces dernières années ont vu naître un certain nombre de réalisations techniques ayant conduit à la commercialisation d'outils extrêmement intéressants au niveau de l'animation.

La saisie des données graphiques peut être effectuée, à l'heure actuelle dans les meilleures conditions, à l'aide de tablettes dont les dimensions et la précision ne cessent de s'accroître. L'animateur-dessinateur dispose, ainsi, d'outils totalement équivalents, du point de vue des conditions d'utilisation à ceux qu'il manipule habituellement.

Les progrès réalisés dans le domaine des consoles de visualisation ont également conditionné le développement de techniques nouvelles. En particulier les premières consoles à balayage cavalier ont permis la réalisation de systèmes d'animation en temps réel mais dont les images étaient relativement pauvres (lignes et points). L'avènement des consoles à tube mémoire, au contraire, autorisa la définition d'images en demi-teinte grâce au grand nombre de pixels affichables, ceci bien entendu, au détriment du temps de traitement.

Plus récemment sont apparues, sur le marché, des consoles hybrides per-

mettant à la fois l'affichage de données fixes comportant un grand nombre de points (par exemple, un décor en demi-teintes), et des données mobiles régénérées périodiquement.

D'une technologie toute différente, nous citerons les consoles à balayage télévision qui, couplées à une mémoire d'image (512 x 512 points en général) permettent la production d'images couleurs de grande qualité.

Il est clair que l'utilisation de ces nouveaux matériels est d'un grand intérêt en animation, en particulier pour la production d'images possédant des surfaces colorées.

Au point de vue de l'enregistrement des images, outre les méthodes déjà évoquées, on peut citer les terminaux de sortie sur microfilms à grande définition et dont les plus récents acceptent également la couleur.

L'avènement des consoles à balayage télévision, ouvrant la porte de la vidéo à l'informatique, a conduit notamment à la réalisation de systèmes permettant une création directe sur magnétoscope couleur. La rediffusion des films produits peut être faite alors sur de simples moniteurs de télévision, en nombre quelconque.

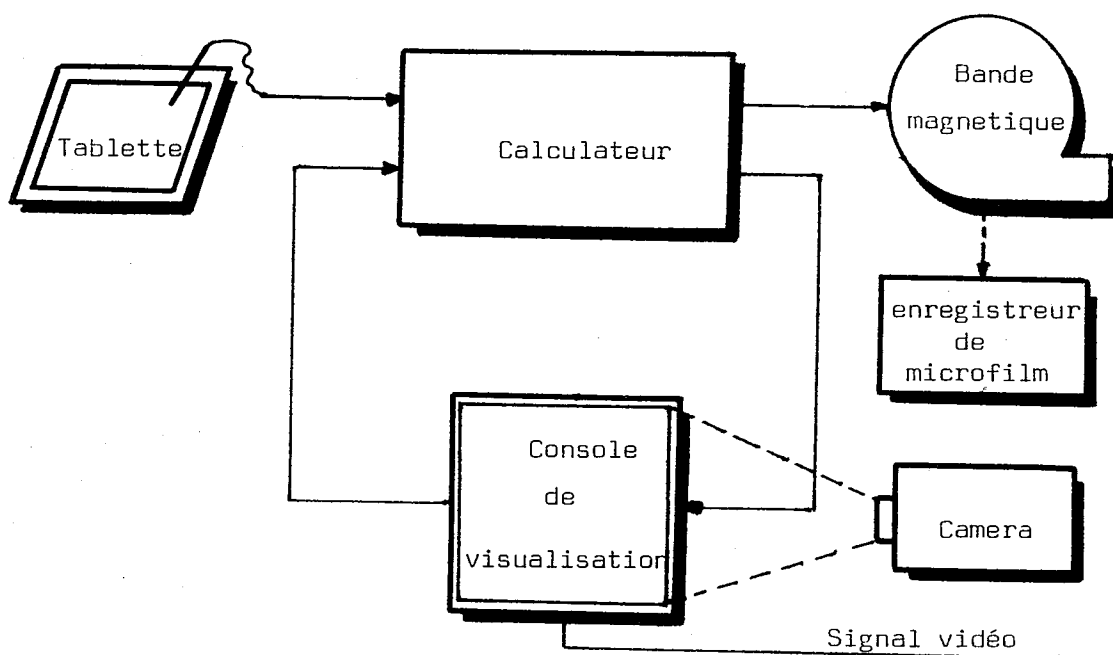


Figure 1.2 - Configuration associée au traitement interactif

CHAPITRE II

LES TECHNIQUES DE L'ANIMATION

Afin de déterminer les éléments de base à inclure dans un système réellement tourné vers une aide à la conception de dessins animés, il est essentiel de se pencher avant tout sur les techniques et les outils utilisés dans les ateliers d'animation conventionnelle.

La transposition de ces techniques au niveau informatique devra, bien entendu, conserver à celles-ci leurs caractéristiques primitives, tant du point de vue mise en oeuvre que du point de vue des résultats obtenus. Ceci n'exclut pas, bien au contraire, une amélioration des outils existants, voire même l'apport de nouvelles techniques utilisant la puissance et la rapidité de calcul fournies par l'informatique.

Nous examinerons donc, au cours de ce chapitre, les trois aspects évoqués ci-dessus :

- Les techniques traditionnelles
- La transposition au niveau informatique
- L'apport de l'informatique à l'animation.

1 - L'ANIMATION TRADITIONNELLE

La réalisation d'un dessin animé n'est généralement pas le fruit du travail d'un seul homme mais de toute une équipe. Les principaux rôles sont tenus par:

- Le réalisateur-dessinateur, qui est celui qui conçoit le film et crée les dessins. C'est lui qui aura également la lourde tâche de diriger les opérations du montage.

- L'animateur, artisan fondamental du film, qui est chargé de "donner la vie" aux dessins en déterminant les différentes attitudes ou positions de ceux-ci à chaque image du film.

- L'opérateur de prise de vue, chargé de fixer sur la pellicule les dessins et les mouvements créés.

Nous examinerons, ci-après, les trois phases fondamentales de la création d'un dessin animé correspondant à l'activité des trois personnages évoqués.

1.1 - La création des dessins

Cette phase fondamentale de la réalisation ne suscite, en fait, que peu de commentaires. Le dessinateur, avant toute chose, "campe" ses personnages dans les attitudes les plus diverses et exécute l'ensemble des dessins fondamentaux nécessités par le film, ainsi que les décors principaux.

Ce travail, réalisé sur des feuilles de cellulose ("cells") pour les parties mobiles et sur papier pour les parties fixes, est exécuté, génér

lement au format 18 x 24 cm. Ces dimensions résultent, en fait, d'un compromis entre la longueur de trait et les surfaces gouachées importantes, nécessitées par un grand format et la finesse de trait insuffisante obtenue sur un format trop petit.

Du point de vue de la méthode de travail, nous noterons simplement que les dessins des personnages sont exécutés, généralement, sur un cell posé directement sur le décor de fond. Le dessinateur peut ainsi, cadrer parfaitement les différents dessins, dès la réalisation.

1.2 - L'animation des dessins

Le travail de l'animateur consiste, à partir des dessins et des directives fournies par le réalisateur, à exprimer des mouvements précis, continus et harmonieux. L'exécution de cette tâche délicate requiert des animateurs, à la fois une grande connaissance des lois élémentaires de la cinématique, et d'excellentes capacités de dessin.

1.2.1 - Les dessins-clés

L'expression d'un mouvement débute par la réalisation d'un certain nombre de croquis représentant les objets ou les personnages animés, dans les positions et les attitudes qu'ils devront occuper à des intervalles de temps réguliers (par exemple, toutes les secondes). Cependant, il est à noter que cette réalisation ne s'effectue généralement pas dans l'ordre chronologique. En effet, sauf pour certains cas très simples, la détermination des différentes phases est faite par approches successives, en réalisant à chaque fois le dessin situé à mi-distance des deux extrêmes dans le temps. Le véritable travail consiste donc, pour l'animateur, à bien situer ces attitudes-clés sur l'échelle des temps, et à dessiner les dessins intermédiaires en divisant l'intervalle entre deux dessins-clés de la quantité nécessaire.

1.2.2 - Les dessins intermédiaires (ou "intervalles")

L'ensemble des dessins fournis par l'animateur (à raison d'un par seconde, par exemple), ne suffit pas à produire une animation continue. L'illusion de la continuité est obtenue au niveau de l'oeil pour une cadence de 24 images par seconde, et ce nombre est, par conséquent, celui qui a été retenu par les réalisateurs professionnels. Cette cadence est, en outre, celle qui permet de réaliser un dessin animé, avec le minimum de travail graphique. En effet, la plupart des plans peuvent être analysés au douzième de seconde, ce qui permet une grande économie de temps et de dessins (photographiés deux fois chacun), et certains plans très lents peuvent être analysés au huitième, sixième, ou au quart de seconde, en photographiant 3 fois, 4 fois, ou 6 fois, chacun des dessins.

Le travail de "l'intervalliste" consiste alors à générer le nombre d'intervalles nécessaires pour simuler le mouvement entre les dessins-clés, travail qui exige une grande précision car, de celle-ci, dépendent la régularité et le "coulé" de l'animation.

1.2.3 - Quelques techniques d'animation

Nous citerons ici quelques techniques de base employées par les animateurs ou les intervallistes afin d'illustrer un mouvement. On distingue, en fait, deux classes de mouvements : les déplacements et les déformations.

A) Génération des déplacements -

La notion de déplacement regroupe, en animation, l'ensemble des mouvements pouvant être générés à partir d'un même groupe de cells par simples déplacements relatifs de ceux-ci. C'est, évidemment, le cas le plus économique car il ne nécessite qu'un seul dessin par objet pour tout le plan. L'animateur définit pour chaque cell la trajectoire à suivre et la vitesse de parcours de

celui-ci.

On peut, en outre, être amené au cours d'un film, à "déplacer la caméra" afin de suivre un personnage, par exemple, ce qui revient, en fait (la caméra étant fixe), à simuler ce mouvement en déplaçant les cells de la quantité opposée.

B) Génération des déformations

La notion de déformation correspond, en animation, au mouvement obtenu par simples changements de cells, sans modifier les positions relatives de ceux-ci. On distingue deux sortes de déformations :

Les déformations hétérogènes, n'obéissant à aucune loi précise. L'animateur, dans ce cas, détermine librement les différentes phases de la métamorphose.

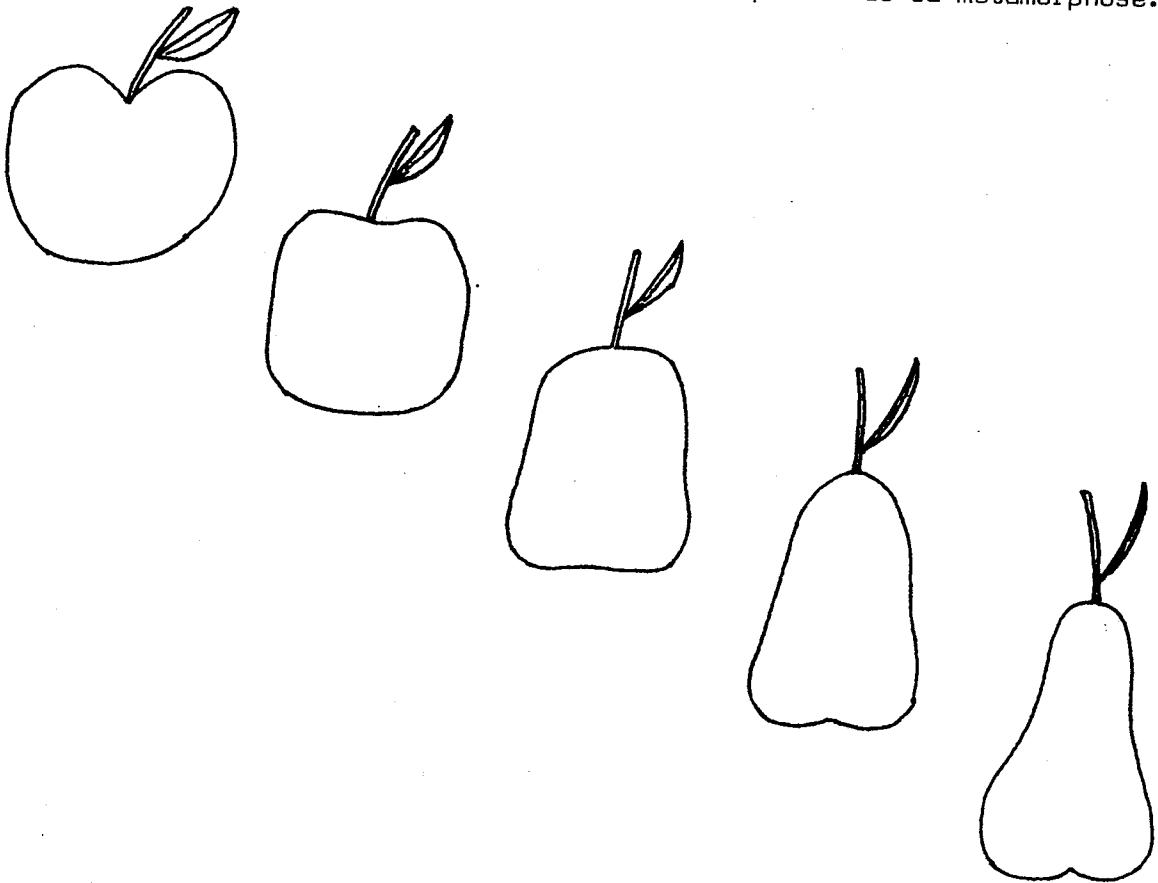


Figure 2.1 - Exemple de métamorphose

Les déformations homogènes obéissant à une loi donnée, telle : similitude, projection, etc...

La technique employée dans ce cas, est celle du carroyage (ou trame).

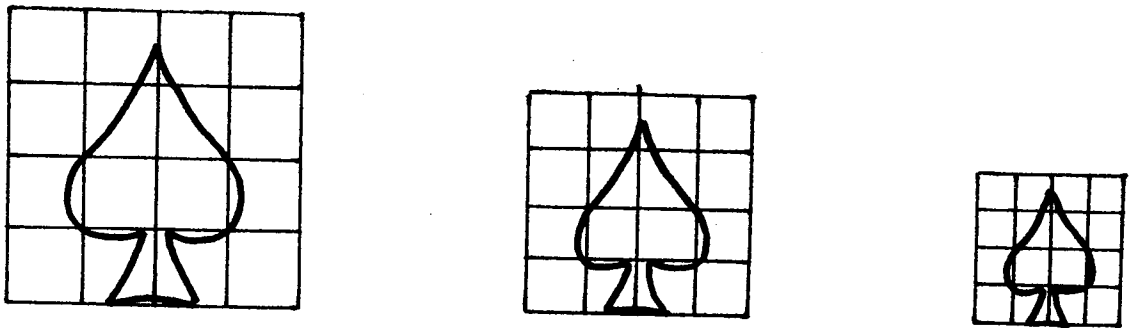


Figure 2.2 - Exemple de déformation homogène

Il faut, cependant, souligner que les mouvements les plus fréquents résultent d'une combinaison de déplacements et de déformations, et que les outils utilisés par les animateurs professionnels sont conçus de manière à faciliter la coexistence des deux techniques.

1.3 - La prise de vues

La phase finale de la création d'un dessin animé, la prise de vues, n'est pas une opération simple. Nous avons vu, en effet, que certains mouvements sont simulés en déplaçant les cells les uns par rapport aux autres,

alors que d'autres, au contraire, réclament une fixité absolue. Ces exigences conduisent les réalisateurs à utiliser des machines de prises de vues extrêmement perfectionnées, encombrantes et coûteuses : les multiplanes.

La multiplane est un appareil de 3,50 mètres de haut, disposant de cinq plans de prises de vues, composés de plaques de cristal. La caméra solidaire d'un plateau pivotant, est fixée à la partie haute, et les plans peuvent se déplacer verticalement pour réaliser des travellings en profondeur avant et arrière.

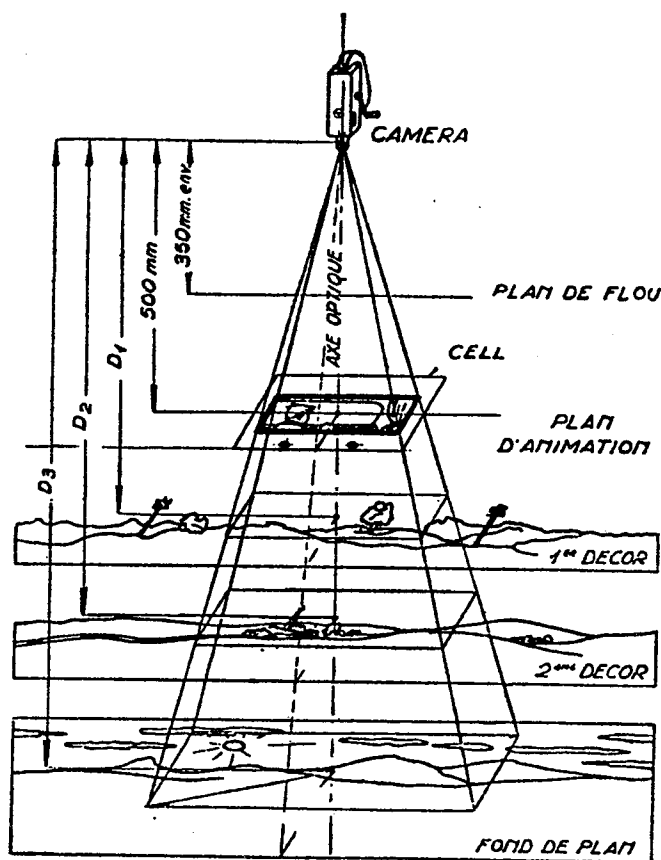


Figure 2.3 - Multiplane à cinq plans.

Il est à noter que, lors d'un déplacement (fictif) de la caméra, l'opérateur doit veiller à ce que la vitesse de déplacement des différents décors soit inversement proportionnelle à la distance les séparant de la caméra:

D_1 , D_2 , D_3 .

2 - L'ANIMATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR

L'utilisation relativement récente de l'ordinateur dans la production de dessins animés, a connu un essor considérable ces dernières années. Il existait en effet, en 1974, une centaine de centres de productions de films recensés, aux Etats-Unis.

La forte demande exprimée dans ce domaine concerne plus particulièrement les films à vocation pédagogique, mieux adaptés à la génération automatique car, basés pour la plupart, sur l'illustration d'un modèle mathématique donné.

Il semble donc intéressant de distinguer les différents types de problèmes susceptibles d'être posés.

2.1 - Les différentes approches possibles

On distingue, en général, deux classes d'utilisation de l'animation assistée par ordinateur.

- L'illustration de phénomènes répondant à des modèles mathématiques donnés.
- La création de dessins animés à partir de simples dessins n'obéissant pas nécessairement à des lois connues à priori.

Les utilisateurs de la première classe ont trouvé dans l'ordinateur un formidable outil permettant d'exprimer, à l'aide de programmes, les modèles mathématiques les plus complexes et d'illustrer ainsi, d'une manière relativement aisée, des phénomènes ou des processus quelconques (forces de gravitation, simulation de trafic routier, manoeuvres d'atterrissages, etc...).

Un certain nombre de systèmes ont vu le jour, permettant l'illustration de programmes d'une manière dynamique et interactive (25).

On notera cependant, à propos de ces systèmes, que l'interaction proposée voit son influence limitée au niveau de la représentation des objets, le comportement de ceux-ci étant entièrement défini par le programme.

Les utilisateurs de la seconde classe, les artistes, n'ont pas manifesté jusqu'ici un grand intérêt pour les techniques d'animation assistée. La principale raison est que l'ensemble des systèmes d'animation disponibles à l'heure actuelle nécessite la présence simultanée d'un animateur et d'un informaticien. La construction d'un film se ramène en général à l'écriture d'un programme dans un langage spécialisé dont les problèmes de syntaxe et de mise au point dépassent, généralement, les capacités d'intérêt d'un dessinateur.

A cette première raison s'ajoutait la pauvreté du matériel disponible jusqu'alors, matériel peu souple et ne correspondant pas aux exigences aiguës des créateurs de dessins animés.

Nous nous proposons de présenter ici un système destiné avant tout à cette classe d'utilisateurs.

2.2 - Les différents niveaux des systèmes d'animation

On peut tenter de définir une hiérarchie des systèmes d'animation selon le degré des possibilités offertes

1) Le niveau le plus bas contient les systèmes permettant, essentiellement, de créer des dessins indépendants les uns des autres. L'illusion du mouvement est créé par photographie successive de chaque dessin, puis projection du film. Le seul intérêt d'un tel système réside dans les possibilités de conservation, de modification et, éventuellement, de composition des dessins. Ce type de système peut, en fait, être assimilé à un simple logiciel de production de dessins.

2) Le deuxième niveau contient généralement les améliorations suivantes :

- passage automatique d'un dessin-clé à l'autre,
- affectation d'une trajectoire dessinée, à un dessin.

Les primitives proposées à ce niveau concernent plus spécialement l'intervaliste qu'elles déchargent des tâches les plus fastidieuses et les plus délicates.

3) Le troisième niveau est celui des systèmes autorisant la composition des opérateurs d'animation (généralement seulement en ce qui concerne les mouvements). On trouve, en général à ce niveau, un certain nombre de commandes régissant le comportement d'une caméra fictive, telles que zoom, travelling, panoramique, etc...

4) Le quatrième niveau est celui des systèmes permettant la définition et l'animation d'objets "intelligents", c'est-à-dire obéissant à des lois ou soumis à des contraintes qui leur sont propres. On peut citer, à titre d'exemple : la bielle avec sa contrainte d'indéformabilité, l'homme dont la contrainte est qu'il ne peut se déplacer qu'en marchant, le fil à plomb dont la contrainte est de rester vertical.

5) On peut enfin regrouper dans un dernier niveau les systèmes capables d'apprentissage, c'est-à-dire susceptibles d'accepter de la part de l'animateur la définition de nouvelles lois de composition, de nouvelles contraintes, de nouveaux opérateurs d'animation, etc...

2.3 - Choix des grands axes du système SAFRAN

Un système destiné à des utilisateurs "hors informatique" vise avant tout à rendre totalement transparent à leurs yeux le support informatique ou

mathématique qu'ils utilisent. Cette option prise au départ implique donc un certain nombre de "restrictions" parmi lesquelles :

. L'interdiction d'utiliser un langage de programmation, quel qu'il soit. Par conséquent, seule une implémentation basée sur un dialogue direct entre l'homme et la machine est envisageable.

. La disparition, au niveau de l'utilisateur, de toutes les données ou coordonnées sous forme numérique, celles-ci impliquant, en effet, une connaissance des repères utilisés, notion étrangère à l'univers habituel de l'animateur.

. L'indépendance maximale de la mise en oeuvre vis-à-vis de l'implémentation et, à fortiori, du matériel.

Cette position visant simplement à sortir le système du cadre informatique, permet en fait de mieux adapter celui-ci aux techniques d'animation traditionnelles. L'objectif est ainsi fixé : fournir à l'animateur, des outils aussi proches que possible de ceux qu'il utilise habituellement. Les conséquences de ce choix, au niveau du dialogue homme-machine, sont les suivantes :

. L'animateur ne communique avec le système qu'à l'aide de données graphiques (dessins, points, etc...), ou encore, par l'entremise de menus dans lesquels l'utilisateur désigne les éléments qui l'intéressent, ou enfin, à l'aide de noms dont le choix doit lui être laissé.

. La mise en oeuvre doit respecter les habitudes de travail de l'animateur, en particulier en ce qui concerne l'ordonnancement des différentes phases de réalisation d'un film.

. La description des mouvements et des transformations doit être analogue à celle utilisée dans les ateliers d'animation.

Il est clair que cette approche, entièrement nouvelle, va conduire à limiter quelque peu les ambitions d'un tel système. Examinons, dans la hiérarchie proposée ci-dessus, quel peut être le niveau maximum répondant aux options choisies.

Les concepts attachés aux deux niveaux inférieurs ne posent aucun problème particulier car ils ne traitent, en fait, que des données graphiques.

En ce qui concerne les troisième et quatrième niveaux, on peut envisager de fournir à l'animateur un ensemble de contraintes prédéfinies qu'il pourra sélectionner et imposer à chacun des objets créés. L'ensemble de contraintes proposé devra, bien entendu, répondre impérativement aux exigences les plus fréquentes. Il est clair, d'autre part, que le niveau du système dépend uniquement de la richesse du catalogue de contraintes, propriété permettant, entre autres, d'adapter ce niveau à la taille de la machine disponible.

Le dernier niveau paraît difficilement accessible à un système exclusivement graphique. En effet, la mise en oeuvre de mécanismes d'extensions nécessite obligatoirement l'utilisation d'outils algorithmiques dont l'emploi trop complexe rebute, dans la plupart des cas, les animateurs.

Toutefois, si nous écartons la possibilité "d'extension syntaxique" du dialogue, il n'en reste pas moins que l'utilisateur peut, s'il le désire, recréer grâce à la seule sémantique, des actions complexes obtenues par composition d'actions de base.

3 - L'APPORT DU SYSTEME SAFRAN A L'ANIMATION

L'apport d'un tel système peut se mesurer à deux niveaux distincts : celui des animateurs professionnels et celui des utilisateurs occasionnels.

3.1 - Les animateurs professionnels

Au niveau professionnel, nous examinerons successivement les trois phases de la réalisation :

- La création des dessins -

Cette première phase, entièrement artistique, n'est heureusement pas touchée par l'automation. Le seul rôle de l'informatique est de recréer les outils nécessaires au dessin (crayons, gommages, couleurs, calques, etc...).

- L'animation -

Le système trouve ici sa première raison d'être : supprimer la réalisation de tous les dessins intermédiaires nécessaires à la continuité du mouvement en générant automatiquement toutes les déformations et tous les déplacements. Il est clair que cette facilité permet de réduire considérablement le temps d'exécution, le matériel et la main-d'oeuvre nécessaires à la réalisation d'un dessin animé et, par voie de conséquence, sont coût.

- La prise de vues et le montage -

L'intérêt d'un système interactif est considérable pour cette opération, il permet en effet, de n'effectuer qu'une seule prise de vue par scène, les différents essais infructueux ayant été visionnés puis modifiés sur l'écran de contrôle. En outre, on doit citer également la possibilité de supprimer avantageusement l'encombrante et coûteuse multiplane. Le système peut simuler, en effet, une multiplane virtuelle "intelligente", possédant un nombre illimité de plans, et totalement affranchie, entre autres, des problèmes de profondeur de champ et d'éclairage bien connus des professionnels.

3.2 - Les utilisateurs potentiels

Au niveau des utilisateurs occasionnels ou potentiels de l'animation, l'attrait d'un tel système est évident. Il permet, en effet, à quiconque sachant (ou non) dessiner, de réaliser une animation simple ou élaborée sans aucune connaissance préalable des techniques. Il s'agit donc là d'une large porte ouverte sur l'animation et sur tout ce qu'elle apporte, à tous les utilisateurs potentiels que sont les enseignants, les concepteurs, les cinéastes etc...

Il faut dire, enfin, que l'ordinateur, grâce à sa puissance et à sa rapidité de calcul permet aux animateurs imaginatifs de créer aisément des effets nouveaux que les méthodes traditionnelles n'autorisent pas, et apporte ainsi dans une certaine mesure sa contribution au niveau de la réalisation et de la création.

CHAPITRE III

LES CONCEPTS FONDAMENTAUX DU SYSTEME SAFRAN

Les paragraphes qui suivent contiennent la description des concepts fondamentaux proposés par le système SAFRAN en vue de satisfaire les objectifs fixés (cf. II.2.3), à savoir : proposer un système interactif basé sur un dialogue direct homme-machine exclusivement graphique, dont la mise en service est inspirée au maximum des techniques traditionnelles.

On peut distinguer trois phases dans la conception d'un film d'animation :

- la création des dessins,
- la description de l'animation,
- la réalisation du film.

Nous nous proposons d'examiner ci-après les concepts attachés à ces trois phases par le système, ainsi que les outils qui en découlent.

Remarque -

Les termes, dessinateur, animateur, réalisateur, sont employés pour désigner l'utilisateur du système dans ces tâches spécifiques, ce dernier terme étant réservé à un usage général.

1 - LES ENTITES DU SYSTEME

Si, dans le cas de l'animation traditionnelle, les seules entités manipulables sont les dessins, SAFRAN propose pour sa part trois entités de base :

- les dessins,
- les acteurs,
- les scènes.

1.1 - Les dessins

Les dessins traités par le système, et créés par l'utilisateur, sont à base de traits c'est-à-dire de lignes continues.

1.1.1 - Définitions

Nous nommerons section un ensemble fini et ordonné de points représentant un échantillonnage de l'ensemble des points d'un trait. L'ordre est celui défini par le sens de tracé

$$\forall i \quad 0 \leq i \leq n \quad , \quad p_i \in \mathbb{R}^2$$

$$S = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_n\}$$



Figure 3.1

Nous dirons qu'une section est fermée si le premier et le dernier points sont confondus, ouverte si ces deux points sont distincts.

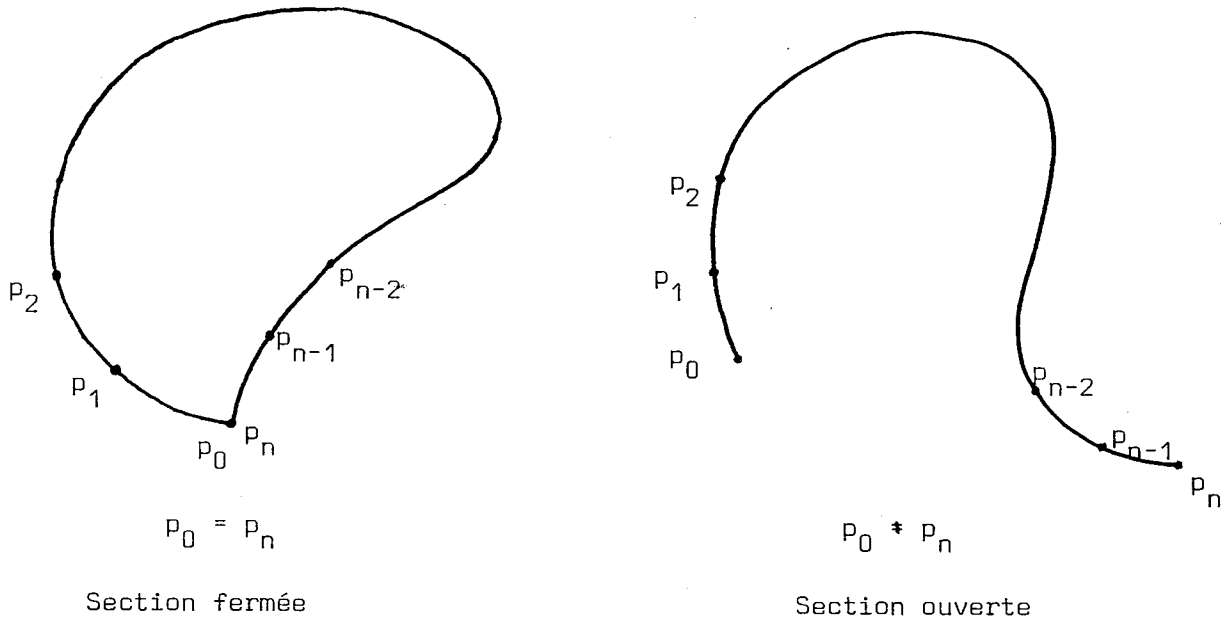


Figure 3.2

Nous nommerons tracé un ensemble fini et ordonné de traits.

Un tracé créé par le dessinateur est donc conservé sous la forme d'un ensemble de sections dont les points ont leurs coordonnées exprimées dans un même repère (celui du dispositif d'entrée dont le dessinateur n'a pas à connaître la définition).

Nous nommerons dessin, un tracé auquel peuvent être associées des notions de couleur ou de transparence.

1.1.2 - Caractérisation d'un dessin

On peut associer à chaque dessin un repère-plan défini à l'aide de deux vecteurs de base linéairement indépendants $((V_1, V_2)$ (cf. IV.2).

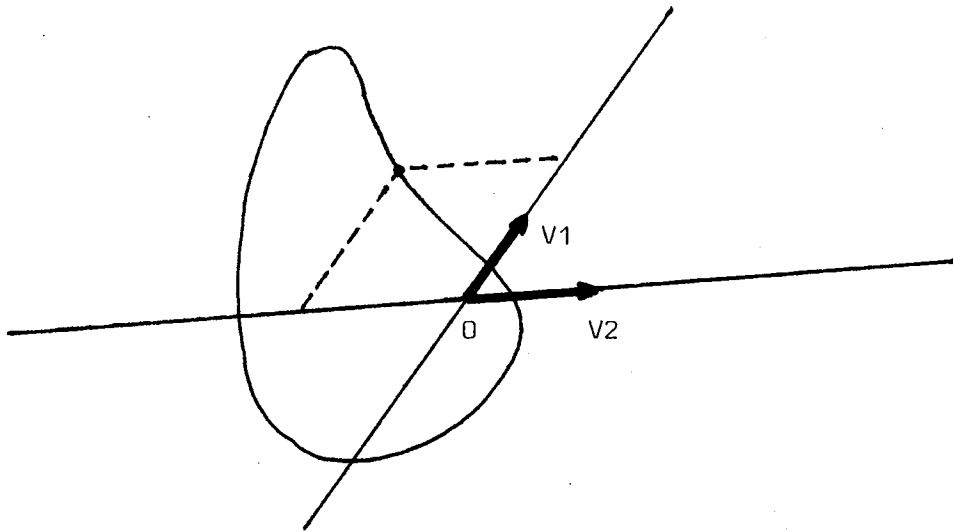


Figure 3.3

Les coordonnées de chaque point du dessin sont alors exprimées dans ce repère où elles représentent les composantes du point dans la base $(V1, V2)$.

On peut, à partir de cette hypothèse, caractériser un dessin à l'aide d'un certain nombre d'attributs se rattachant à trois propriétés fondamentales

- l'attitude
- la forme
- l'aspect.

- L'attitude regroupe les renseignements relatifs à la position et à l'orientation d'un dessin dans le plan. Nous aurons donc deux attributs :
 - la *position* dont la valeur est un point indiquant, par exemple, la position de l'origine du repère, dans un repère absolu (translation).
 - l'*orientation* dont la valeur est un angle par exemple, l'angle de $V1$ avec l'horizontale (rotation).

- La forme d'un dessin est déterminée par la donnée des distances séparant tous les points de chaque section du dessin pris deux à deux. Cette information volumineuse peut être représentée sous une forme plus compacte à l'aide trois attributs :
 - le *tracé* regroupant l'ensemble des traits du dessin dont les points sont exprimés dans le repère associé.
 - la *taille* dont la valeur est composée des longueurs des vecteurs de base (V1,V2).
 - l'*angle* dont la valeur est l'angle formé par les deux vecteurs V1 et V2.
- L'aspect qui regroupe des attributs tels que
 - la *couleur* exprimée comme combinaison des trois couleurs primaires : rouge, vert, bleu, pour chacune desquelles on peut indiquer une intensité.
 - la *transparence* dont la valeur est variable entre 0 (opacité complète) et 1 (transparence totale).

1.2 - Les acteurs

1.2.1 - Présentation

Les acteurs sont les seules entités destinées à s'animer réellement. Le système SAFRAN fournit, avec cette rubrique de véritables "acteurs", au sens théâtral du terme, susceptibles :

- de jouer un rôle imposé par le réalisateur,
- de posséder une animation propre,
- de réagir aux sollicitations du monde extérieur,
- de conserver certaines propriétés inhérentes à leur constitution.

Nous illustrerons de quelques exemples ces caractéristiques.

Exemple_1 -

"L'homme sachant marcher". Le seul fait de le déplacer provoque sa marche à la vitesse correspondante.

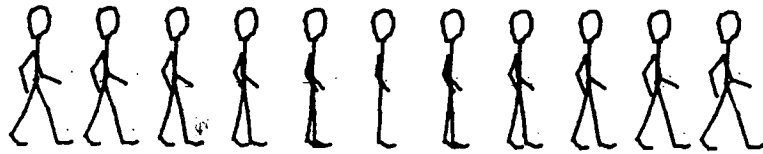


Figure 3.4

Exemple_2

"La bielle" dont la longueur doit impérativement demeurer constante.

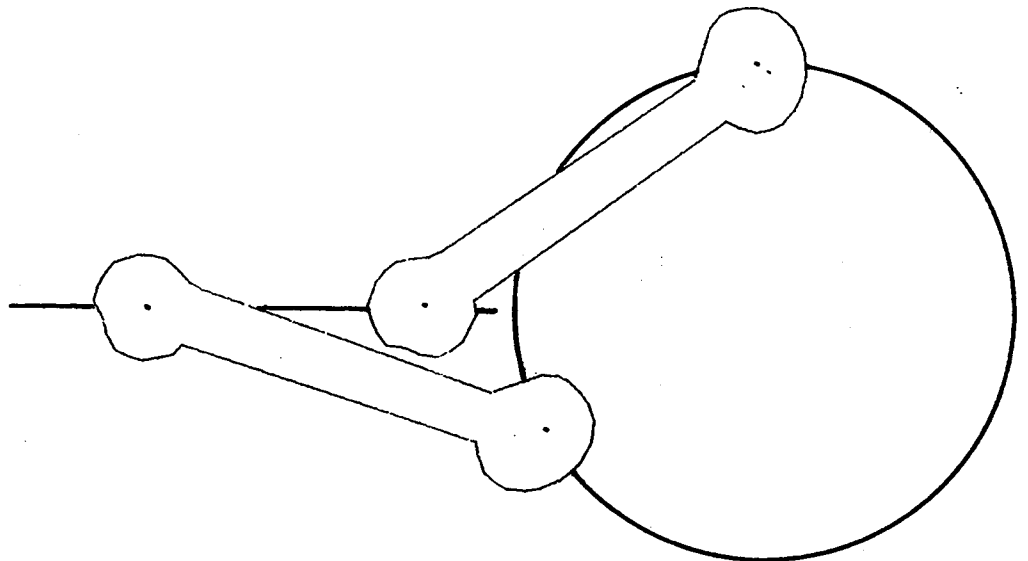


Figure 3.5

Exemple 3 -

"Le téléphérique" dont le rôle est de conserver une attitude horizontale en toutes circonstances.

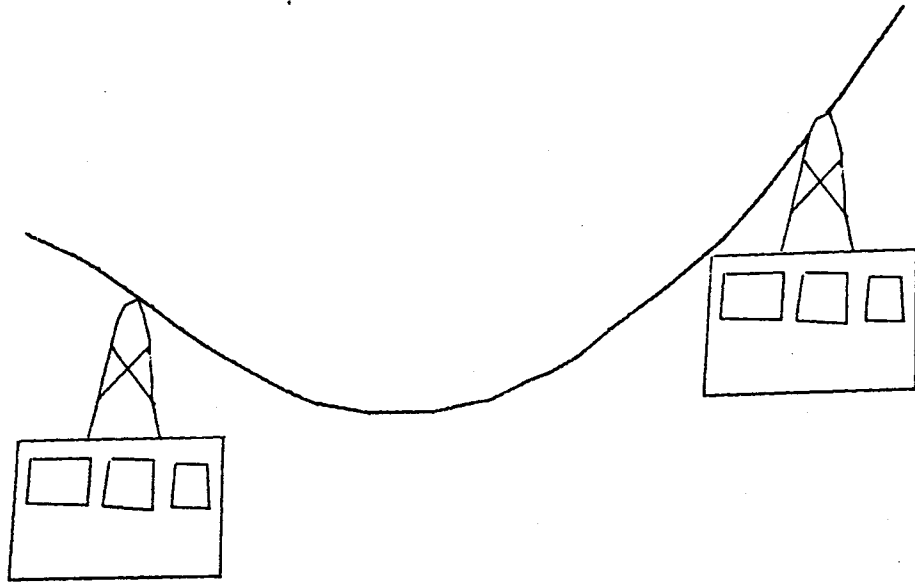


Figure 3.6

1.2.2 - Caractérisation d'un acteur

Un acteur est représenté à chaque instant par un dessin, son animation est donc entièrement définie si l'on connaît, à chaque instant, son dessin représentatif.

On peut ainsi considérer l'acteur comme un dessin dynamique qui peut, à un instant donné, être caractérisé par les attributs :

- *position*
- *orientation*
- *taille*
- *angle*
- *tracé*
- *couleur*
- *transparence.*

Il est à noter que le concept d'acteur doué de "réactions" ou de "contraintes", présenté ici, est absent des systèmes d'animation existants. Certaines tentatives ont toutefois été faites (3), (5), (21), (31), mais ont conduit à des propositions trop complexes pour être exploitables.

1.3 - Les scènes

Nous donnerons ici, une définition de la scène inspirée de celle utilisée dans le monde cinématographique. Une scène exprime une certaine continuité d'action, elle est déterminée par trois facteurs fondamentaux:

- le cadre de l'action,
- les acteurs,
- la mise en scène.

SAFRAN propose un cadre fixe à toutes les scènes par souci d'homogénéité mais laisse, évidemment, au réalisateur le soin de choisir ses acteurs et d'imposer sa mise en scène.

Les participants -

Trois entités participent à la description d'une scène. Il s'agit:

- des décors,
- des acteurs,
- de la caméra.

1.3.1 - Le cadre de la scène

Il comprend trois données différentes :

- le site,
- la durée,
- le décor.

1.3.1.1 - Le site

L'espace alloué à l'action exprimée dans la scène, est un espace à trois dimensions. On peut, en effet, considérer qu'une scène possède une certaine profondeur dans laquelle les participants vont pouvoir évoluer. Néanmoins, tous les participants étant des entités planes, il ne s'agit pas d'une véritable animation à trois dimensions, mais plutôt d'une technique analogue à celle de la multiplane, utilisée par l'animation traditionnelle (cf. II.1.3).

Repère associé à la scène -

On peut associer arbitrairement un repère tridimensionnel à une scène, de la manière suivante :

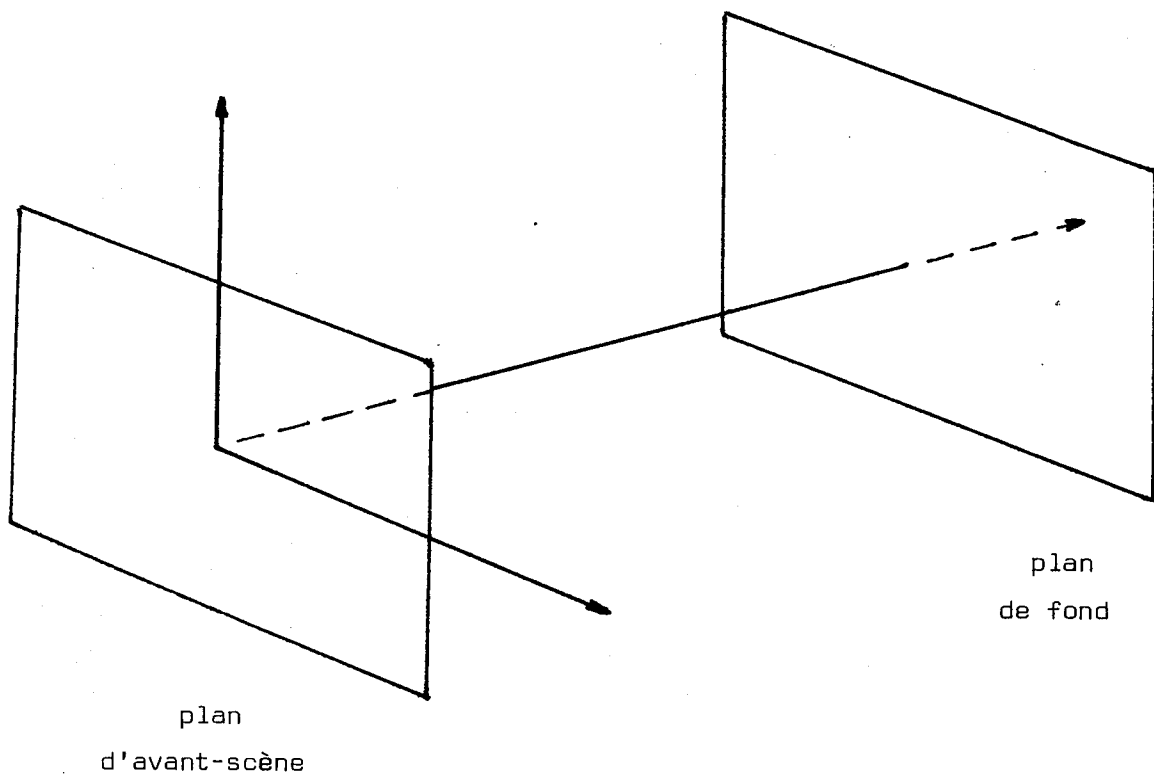


Figure 3.7

Les plans de fond et d'avant-scène symbolisent les limites d'évolution des participants dans le sens de la profondeur. Les limites latérales sont, pour leur part, imposées par les dimensions des dessins utilisés pour définir les trajectoires.

1.3.1.2 - La durée de la scène

La durée de la scène est, en réalité, une durée formelle n'ayant aucun rapport avec le temps réel pendant lequel cette scène se déroulera lors de la projection du film. Il s'agit donc, simplement, de la définition d'un temps local à la scène, auquel se référencera la mise en scène pour décrire le jeu de tous les participants. Par convention le temps $t = 0$ correspond au début de la scène.

1.3.1.3 - Le décor

Nous nommerons décor d'une scène, un ensemble de dessins ne subissant aucune animation pendant toute la durée de la scène, et destiné simplement à agrémenter sa vision.

La continuité d'action évoquée dans la définition de la scène permet de ne considérer qu'un seul décor pour toute la durée de celle-ci.

Il est à noter que le réalisateur peut placer ses éléments de décor dans la scène, c'est-à-dire leur attribuer un plan (profondeur de scène) d'une manière analogue aux décors de théâtre.

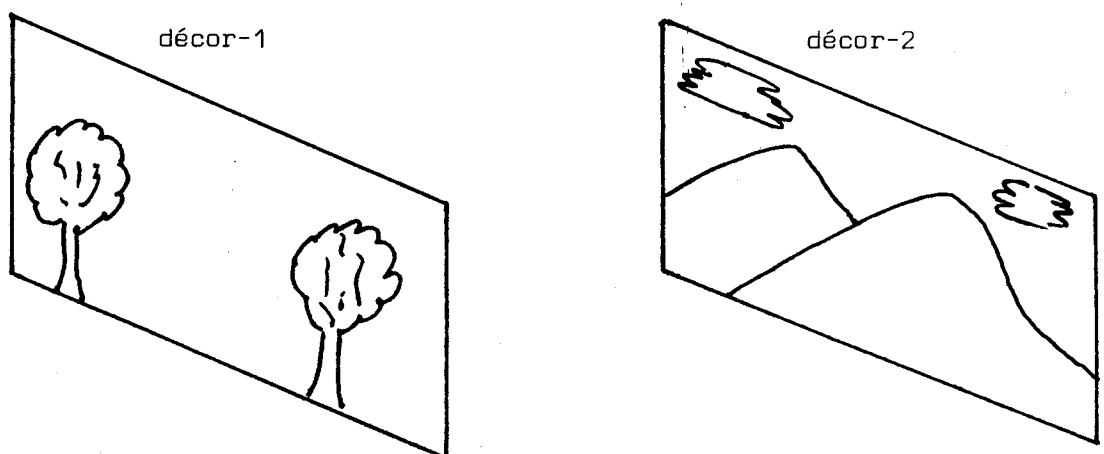


Figure 3.8

1.3.2 - Les acteurs

Les acteurs sont choisis par le réalisateur pour leurs caractéristiques propres en fonction du rôle qu'il désire leur confier.

Considérons, par exemple, un rôle nécessitant notamment, la marche de l'acteur.

- Si le réalisateur choisit un "acteur sachant marcher", il suffira de lui dire "avance".

- S'il choisit un acteur quelconque, le réalisateur devra, au niveau de la mise en scène, faire marcher son acteur en décrivant l'ensemble des mouvements nécessités, ce qui alourdira considérablement la mise en scène.

Le réalisateur peut également considérer l'évolution des acteurs dans la profondeur de la scène.

Les acteurs (ainsi que les décors) sont placés parallèlement aux plans de fond et d'avant-scène, à une profondeur que le réalisateur peut faire évoluer au cours de l'action.

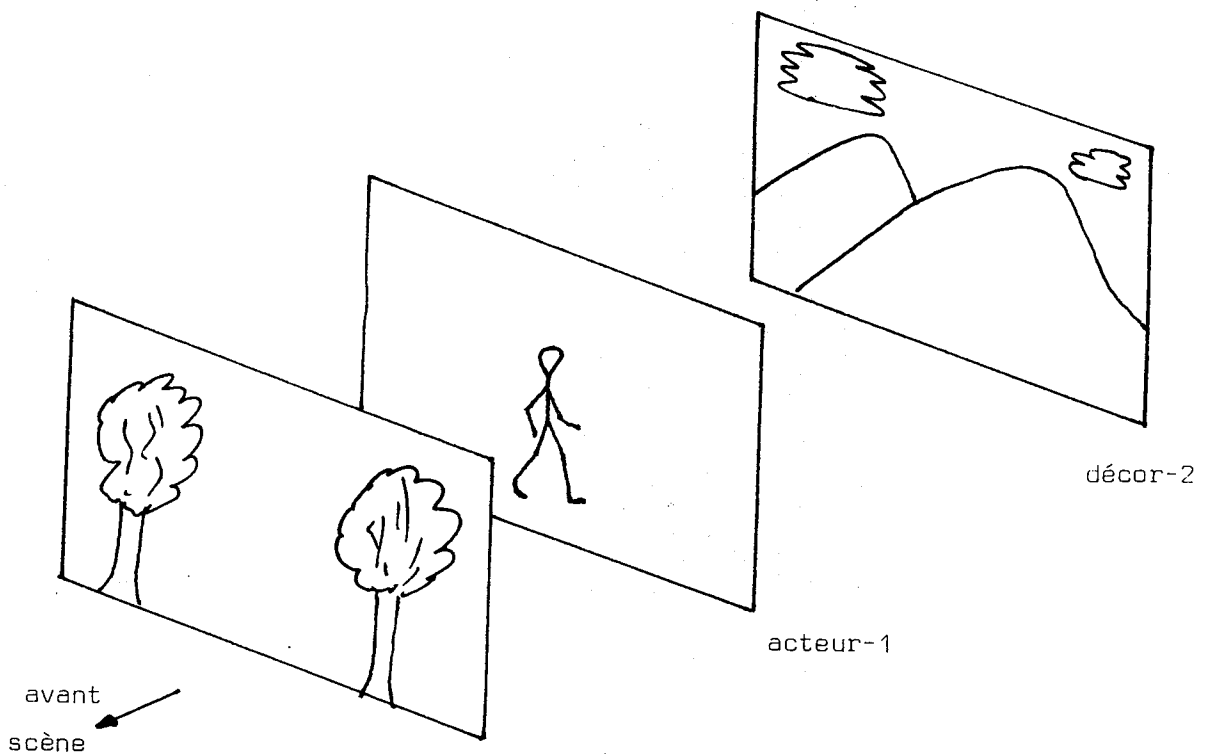


Figure 3.3

1.3.3 - La mise en scène

Cette phase fondamentale est celle dans laquelle le réalisateur va, pour toute la durée de la scène, décrire :

- le rôle des acteurs,
- le rôle de la caméra.

1.3.3.1 - Le rôle des acteurs

La description du rôle des acteurs correspond à l'animation "externe" de ceux-ci, c'est-à-dire, la partie de l'animation ne dépendant pas de leur constitution.

Outre les outils permettant la description du rôle des acteurs, indépendamment les uns des autres, SAFRAN propose au réalisateur des outils permettant entre autres :

- la synchronisation des acteurs,
- l'interdépendance des rôles des différents acteurs.

Ceci permet de réaliser aisément des rencontres d'acteurs ou une animation d'ensemble, ou encore, de résoudre des problèmes tels que "le chien courant toujours dans la direction de son maître".

1.3.3.2 - Le rôle de la caméra

La caméra, participant unique en son genre dans la scène, a un rôle particulier à jouer : projeter sur l'écran de contrôle tout ce qu'elle "voit".

Ce rôle, imposé par le système, n'exclue pas ceux que peut lui attribuer le réalisateur, pour traduire les effets de caméra nécessités par le scénario.

- zooms,
- panoramiques (déplacement latéral),
- travellings (déplacement en profondeur),
- suivis d'acteurs,
- etc...

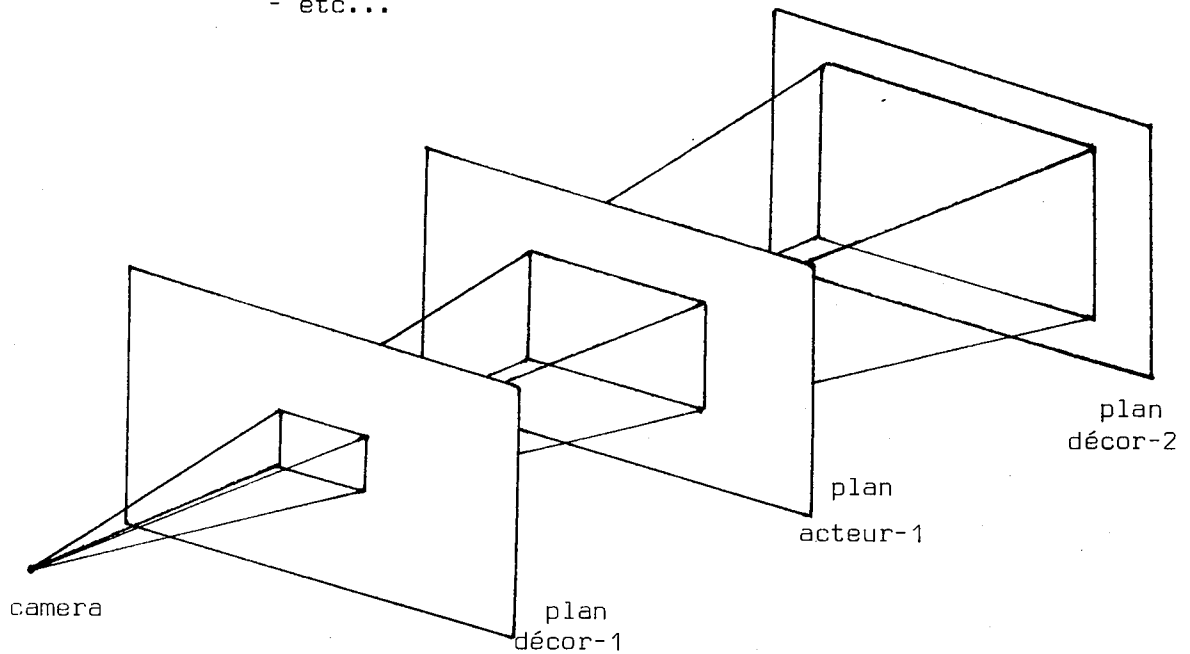


Figure 3.10

Remarque -

(1) Tout mouvement de la caméra (latéral ou en profondeur) provoque un changement de prise de vue, changement tenant compte de la distance et de la position de chaque participant par rapport à la caméra.

(2) Les acteurs, ou décors, les plus proches de la caméra masquent (éventuellement) les plus lointains.

2 - LA DESCRIPTION DE L'ANIMATION

Etroitement liée au concept d'acteur, l'animation produite par le système peut être définie de la manière suivante :

- Nous dirons qu'un acteur est animé si, entre deux instants t et $t+1$, il a subi une modification d'attitude, de forme, ou d'aspect ; c'est-à-dire, si l'un quelconque de ses attributs a été modifié.
- Nous dirons qu'il y a animation, dans une scène, si entre deux instants t et $t+1$ l'un des acteurs a été animé ou si la caméra a été animée (zoom ou déplacement).

Cette définition est plus large que celle employée habituellement, car elle tient compte non seulement des mouvements, mais également des modifications d'aspect.

2.1 - Les fonctions d'animation

Une fonction d'animation est une fonction décrivant la variation d'un attribut, appartenant à une entité quelconque, en fonction du temps

Soit f_i une fonction d'animation appliquée au $i^{\text{ème}}$ attribut A_i d'une entité,

$$f_i : \mathcal{P} \rightarrow \mathcal{E}_i$$

$$t \rightarrow f_i(t)$$

Remarques

(1) L'espace de départ \mathcal{P} représente l'intervalle des valeurs du temps

pendant lequel la fonction sera appliquée.

$$\mathcal{P} \subset \mathbb{R}^+$$

(2) L'espace d'arrivée \mathcal{E}_i représente l'ensemble des valeurs spécifiques à l'attribut A_i . On peut citer, par exemple :

- attribut position $\mathcal{E}_i = \mathbb{R}^2$
- attribut orientation $\mathcal{E}_i = \mathbb{R}$
- attribut couleur $\mathcal{E}_i = \{\text{ensemble des couleurs}\}$
- etc...

Il est très fréquent, en animation, d'avoir à considérer des sous-ensembles de \mathcal{E}_i , en imposant un domaine limité aux valeurs possibles (par exemple une trajectoire pour l'attribut position).

Nous adopterons par conséquent une définition en deux temps de la fonction d'animation, en donnant successivement :

- le domaine d'évolution,
- la fonction d'évolution à l'intérieur de ce domaine.

2.1.1 - Le domaine d'évolution

Un domaine d'évolution est un ensemble de valeurs quelconque isomorphe à \mathbb{R} .

Un domaine d'évolution $\mathcal{D}_i \subset \mathcal{E}_i$ est défini à l'aide d'un ensemble fini et ordonné d_i valeurs $v_{i,j}$. $j \in \mathbb{N}$ $v_{i,j} \in \mathcal{E}_i$

$$d_i = \{v_{i,0}, v_{i,1}, v_{i,2}, \dots, v_{i,n}\} \quad n \in \mathbb{N}$$

d_i définit, en fait, un ensemble continu dans lequel les valeurs $V_{i,k}$ sont définies $\forall k \in \mathbb{R}$ de la manière suivante :

$$\left\| \begin{array}{l} V_{i,k} = v_{i,k} \quad \text{si } k \in \{0,1,2,\dots,n\} \\ V_{i,k} = \left[\begin{array}{l} \text{valeur obtenue par} \\ \text{interpolation des } v_{i,j} \end{array} \right] \quad \text{si } k \in [0,n] \\ V_{i,k} = \left[\begin{array}{l} \text{valeur obtenue par} \\ \text{extrapolation de } v_{i,j} \end{array} \right] \quad \text{si } k \notin [0,n] \end{array} \right.$$

L'interpolation appliquée dans ce cas, est une interpolation linéaire entre $v_{[k]}$ et $v_{[k]+1}$ où $[k]$ = partie entière de k (cf. VI.4).

2.1.2 - La fonction d'évolution

Nous nommerons indice d'évolution un nombre réel k utilisé dans un domaine d'évolution D_i pour désigner la valeur $v_{i,k}$.

Nous nommerons fonction d'évolution e une fonction associant à chaque instant t , un indice d'évolution k .

$$e : \mathcal{P} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$t \rightarrow e(t) = k$$

Il est à noter que la fonction d'évolution est indépendante du domaine auquel elle s'applique.

Vitesse et sens d'évolution

Dans le cas où la fonction d'évolution est continue pendant toute la durée de l'animation, on peut définir des notions de vitesse et de sens de l'évolution.

Nous nommerons vitesse d'évolution à l'instant t la valeur de la dérivée première de la fonction d'évolution à cet instant,

$$v(t) = e'(t)$$

Le sens d'évolution est donné par le signe de la dérivée,

- positif : évolution dans le sens croissant de numérotation des valeurs,
- négatif : évolution dans le sens inverse.

Evolution relative

Si la fonction d'évolution est définie indépendamment de tout domaine, elle peut être décrite d'une manière relative, en adoptant les conventions suivantes, pour l'indice d'évolution k .

- $k = 0$ désigne la première valeur $V_{i,0}$ du domaine \mathcal{D}_i
- $k = 1$ désigne la dernière valeur $V_{i,n}$
- $0 < k < 1$ désigne la valeur $V_{i,k n}$.

2.1.3 - Champ d'application d'une fonction d'animation

Les fonctions sont appliquées aux différentes entités du système (acteurs, décors, caméra, scènes) d'une manière interne ou externe. Chaque entité peut, en effet, contenir un certain nombre de fonctions d'animation

qui constituent son animation propre et être, d'autre part, assujettie à un rôle qui représente alors son animation externe, exprimée également à l'aide de fonctions d'animation.

2.2 - Les déplacements

Nous trouverons dans cette rubrique les fonctions d'animation susceptibles d'engendrer des modifications d'attitude, c'est-à-dire

- les translations,
- les rotations.

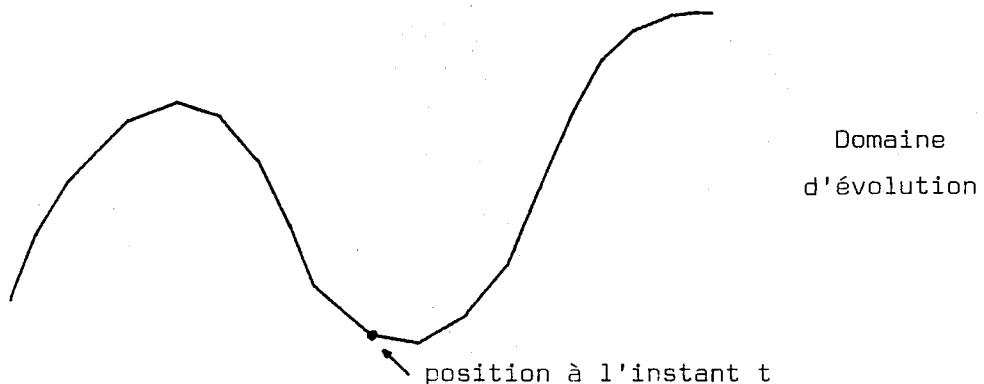
2.2.1 - Les translations

Nous nommerons translation une fonction d'animation appliquée à l'attribut *position* d'une entité.

Cette définition inclut, bien entendu, les translations curvilignes.

Le domaine d'évolution est la trajectoire que doit suivre un point particulier du dessin (en général l'origine du repère).

La fonction d'évolution exprime à chaque instant la position du point sur cette trajectoire et, par conséquent, la vitesse et le sens du mouvement.



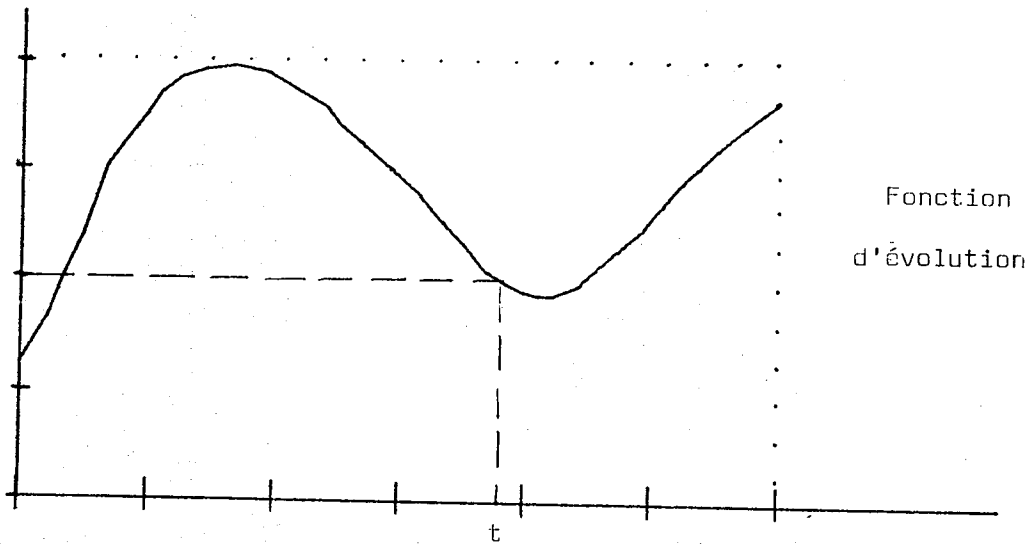


Figure 3.12

Remarque -

Il est à noter que le mouvement de translation peut être défini par la seule donnée de la trajectoire si l'on a pris soin de relever la vitesse et le sens de son tracé par l'animateur. Le système peut, en effet, déduire automatiquement la fonction d'évolution à partir de ces renseignements.

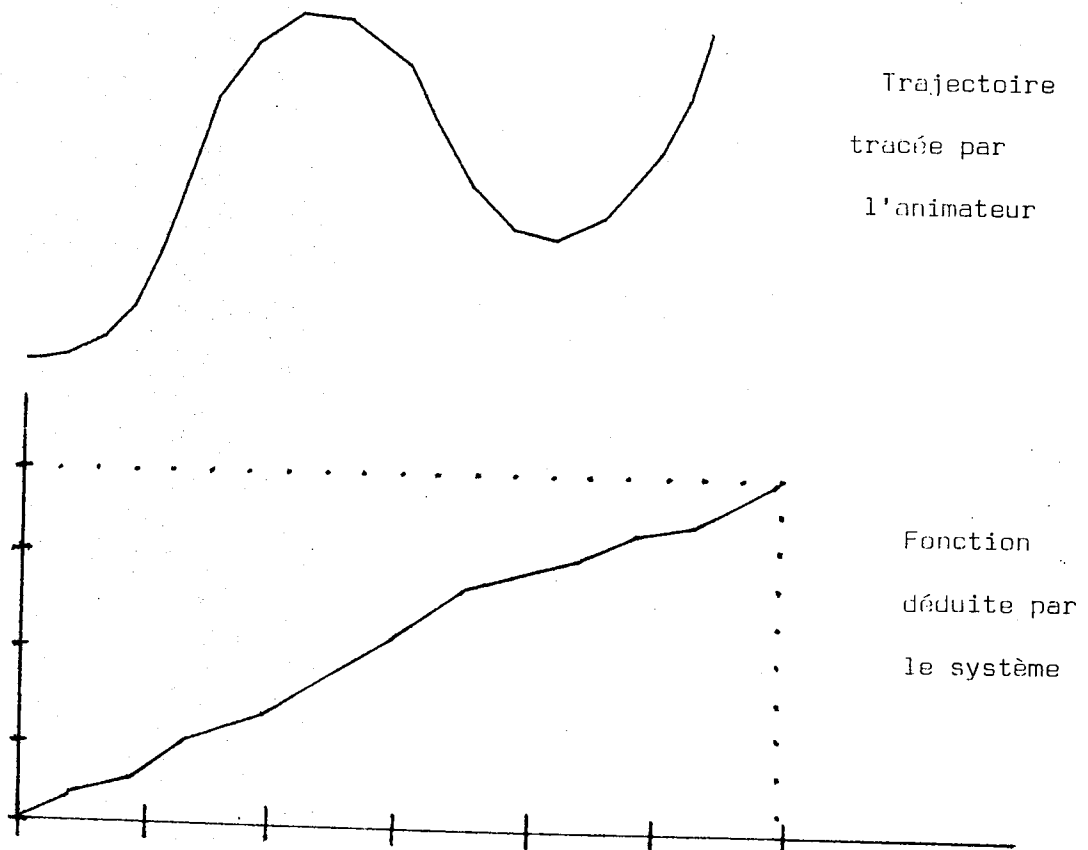


Figure 3.13

2.2.2 - Les rotations

Nous nommerons rotation une fonction d'animation appliquée à l'attribut *orientation* d'une entité.

Le domaine d'évolution est défini à l'aide d'un ensemble d'angles (dessinés par l'animateur).

La fonction d'évolution exprime à chaque instant l'angle du repère associé à l'entité, par rapport à l'horizontale, et par conséquent la vitesse angulaire et le sens de rotation.

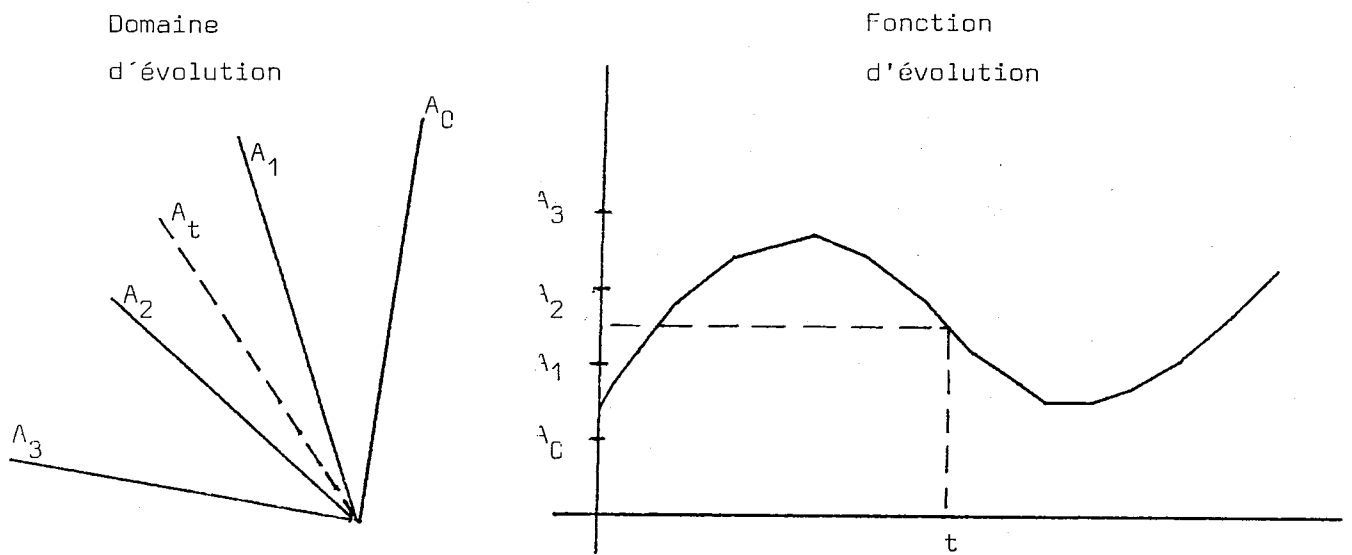


Figure 3.14

Remarque -

Le domaine d'évolution peut être omis, le système dispose dans ce cas d'un certain nombre de domaines par défaut (cf. V.5.1.1).

2.3 - Les transformations

Cette rubrique regroupe les fonctions d'animation susceptibles d'engendrer des modifications de forme.

Nous distinguerons les déformations et les métamorphoses.

2.3.1 - Les déformations

Nous nommerons déformation une fonction d'animation appliquée aux attributs du repère autre que position et orientation. Cette définition inclue également des déformations plus évoluées que celles obtenues par la modification des attributs *taille* et *angle* du repère (cf. IV.2).

La déformation résulte, en fait, de l'altération d'une forme de base unique.

Modification de la taille

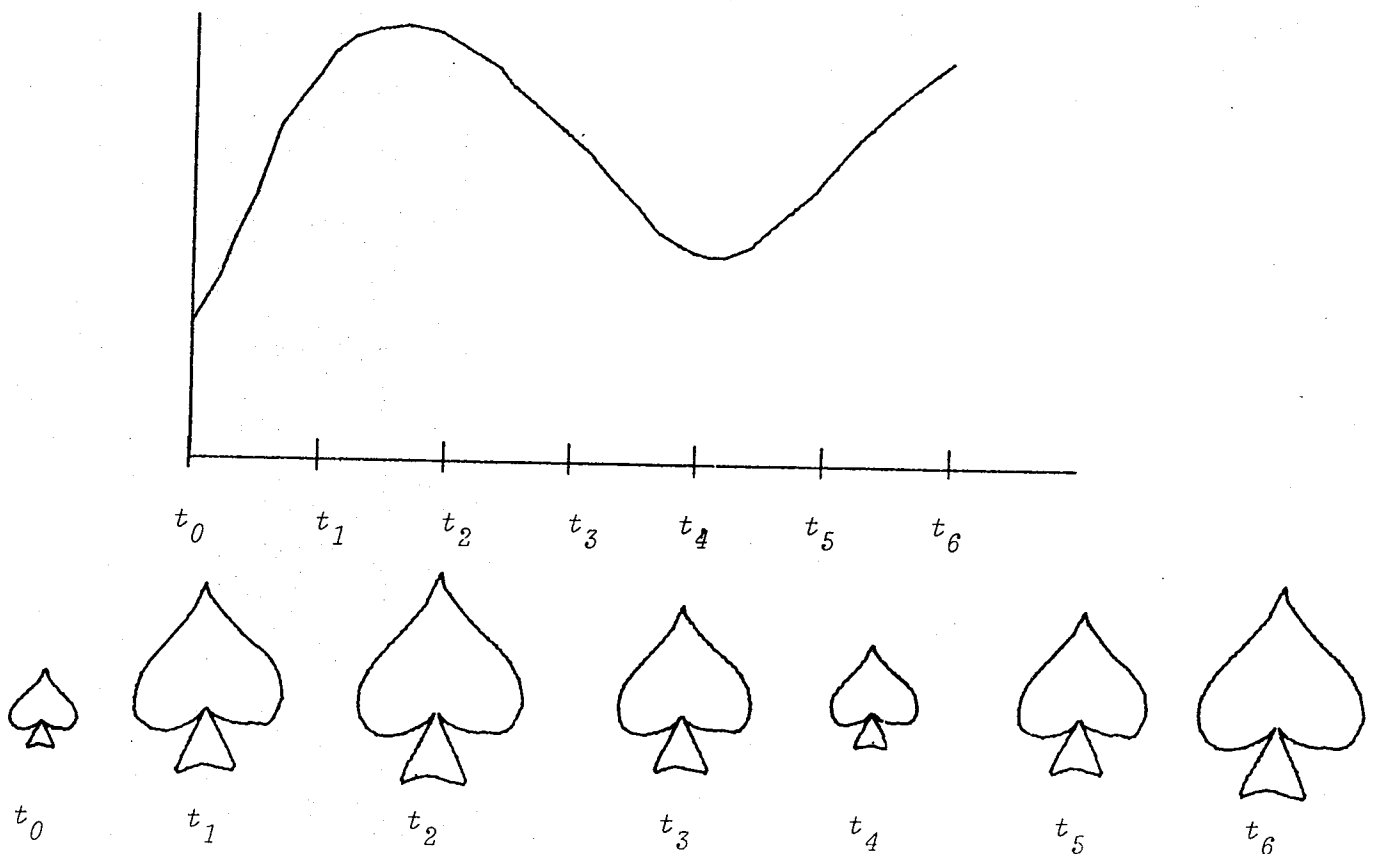


Figure 3.15

Modification de l'angle

- Le domaine est $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$
- La fonction d'évolution est celle de l'exemple précédent.

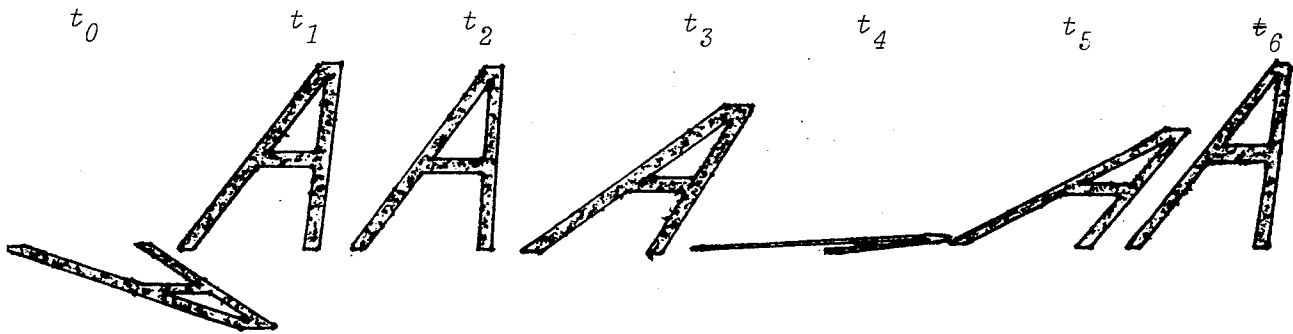


Figure 3.16

2.3.2 - Les métamorphoses

Nous nommerons métamorphose une fonction d'animation appliquée à l'attribut *tracé* d'une entité.

La métamorphose est une transformation obtenue par passage d'une forme de base à une autre.

Le domaine d'évolution est défini à l'aide d'un ensemble de tracés.

La fonction d'évolution exprime la vitesse et le sens de la métamorphose.

Exemple -

Evolution appliquée à un domaine défini par 7 valeurs (les valeurs sont des dessins).

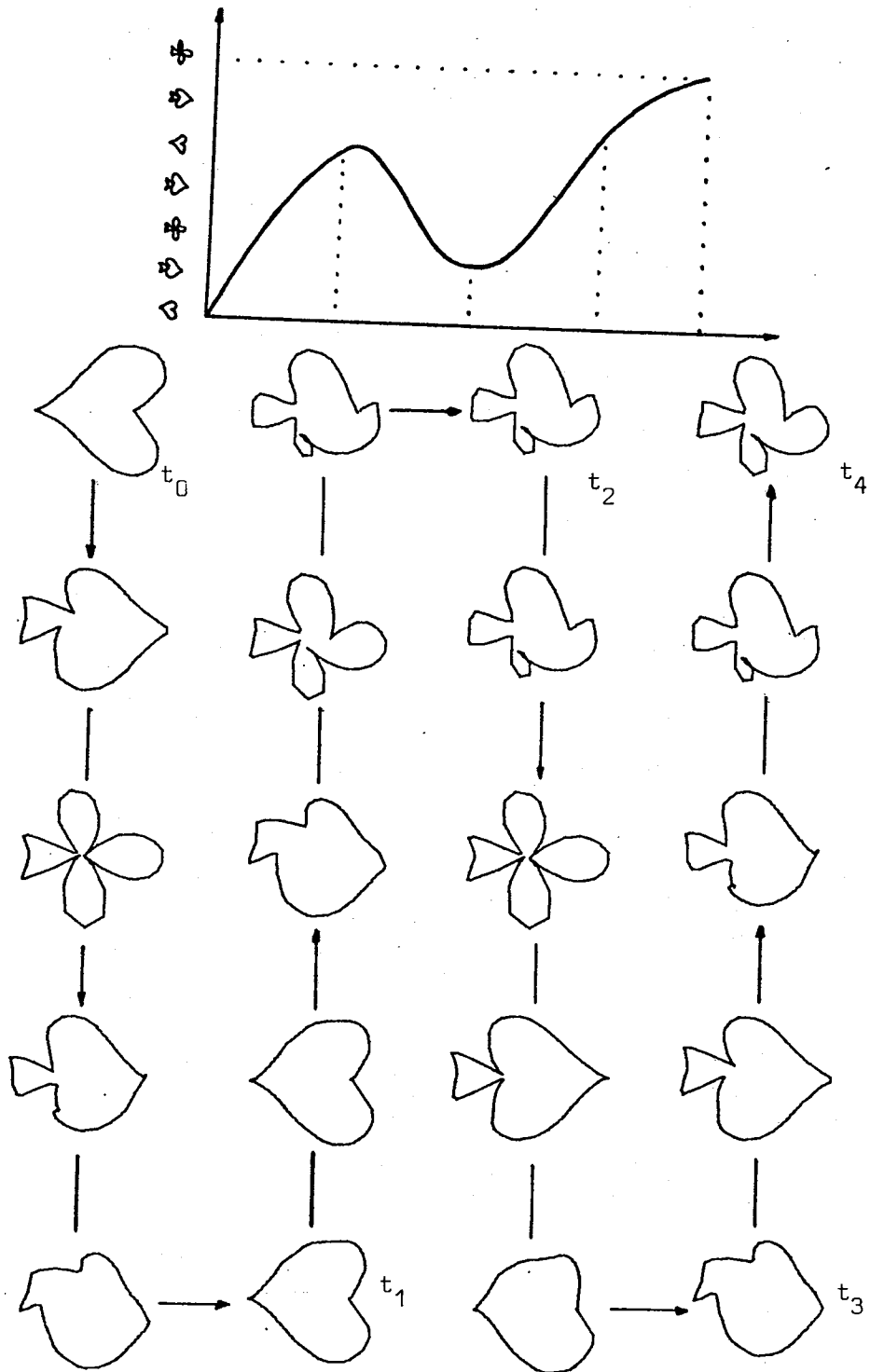


Figure 3.17

Remarque -

Les divers tracés fournis pour définir le domaine d'évolution peuvent, en outre, être de topologies différentes (nombres de sections différents, sections ouvertes ou fermées, etc...). Les problèmes soulevés par ce traitement seront exposés en détail en (VI.4).

2.4 - Les modifications d'aspect

Nous trouverons dans cette rubrique les fonctions d'animation susceptibles de modifier la couleur ou la transparence.

Exemple

Modification de la couleur

Domaine = { bleu, rouge, jaune }

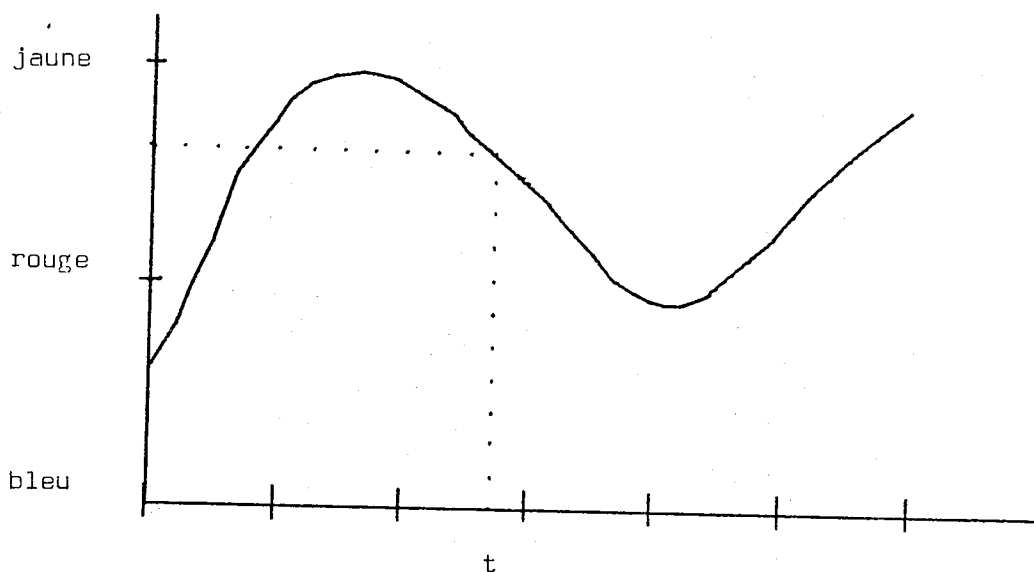


Figure 3.18

A l'instant t correspond une couleur orangée obtenue par interpolation entre le rouge et le jaune.

3 - LA REALISATION DU FILM

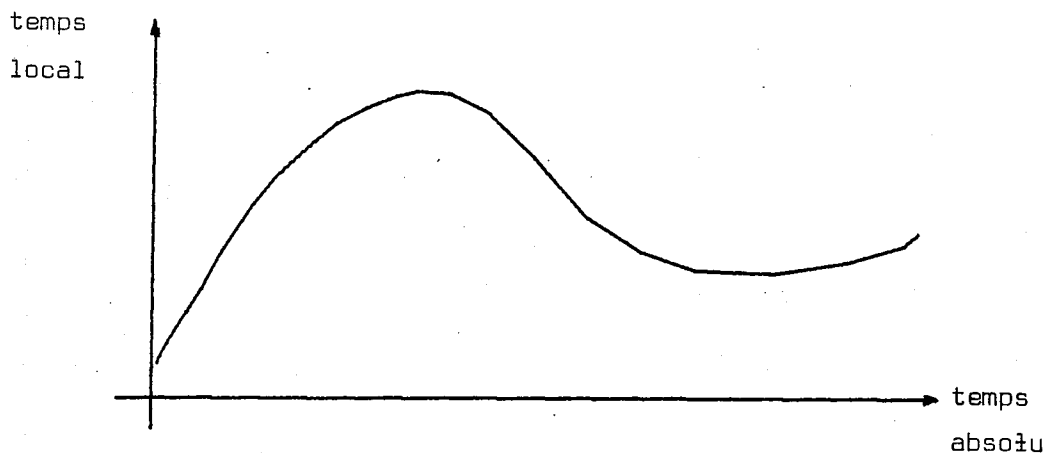
3.1 - L'animation des scènes

Les fonctions d'animation appliquées dans une scène, aux acteurs, aux décors et à la caméra, ne définissent, en fait, qu'une animation potentielle exprimée en fonction du temps local de la scène. L'animation réelle n'a lieu que si l'on fait effectivement évoluer ce temps.

On peut ainsi définir une nouvelle classe de fonctions d'animation appliquées au seul attribut de la scène : le *temps local*.

Le domaine d'évolution est implicitement l'intervalle de temps correspondant à la durée formelle de la scène (cf. III.1.3.1).

La fonction d'évolution exprime la variation du temps local en fonction du temps absolu.



Ceci implique, entre autres, l'accès lors de cette phase de réalisation du film, à une horloge absolue permettant de raisonner directement en

"secondes de projection". Le réalisateur peut, par conséquent, attribuer à chaque scène une durée réelle, c'est-à-dire qu'une scène de 10 secondes se déroulera effectivement en 10 secondes lors de la projection du film (après photographie).

3.2 - L'enchaînement des séquences

Nous nommerons séquence une portion de film réalisée en associant à une scène donnée une durée réelle et une fonction d'évolution définie sur cette durée.

Après avoir défini les différentes séquences nécessitées par le scénario, le réalisateur doit également décrire l'enchaînement de ces séquences, c'est-à-dire l'ordre dans lequel elles seront visionnées. Le système peut, également, jouer un rôle lors de l'enchaînement des séquences, en offrant des facilités de "foutu enchaîné" ou de "foutu au noir" automatiques.

3.3 - Le montage du film

Le montage d'un film nécessite, outre la détermination de l'ordre des séquences, des opérations telles que

- remontée du temps,
- ralentissement ou accélération d'une action,
- suppression d'une portion de l'action,
- animation cyclique d'une action,
- etc...

Les quatre opérations citées sont exprimées aisément à l'aide de la fonction d'évolution associée à la scène, comme l'illustrent les exemples ci-après .

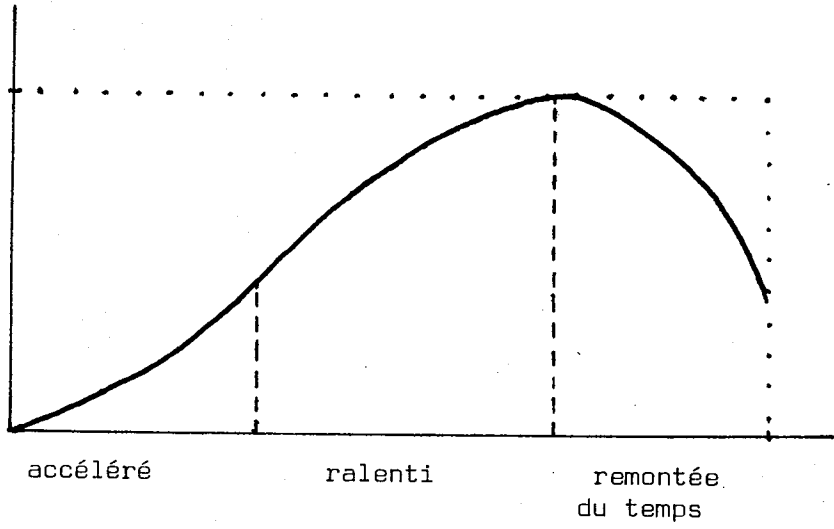


Figure 3.19

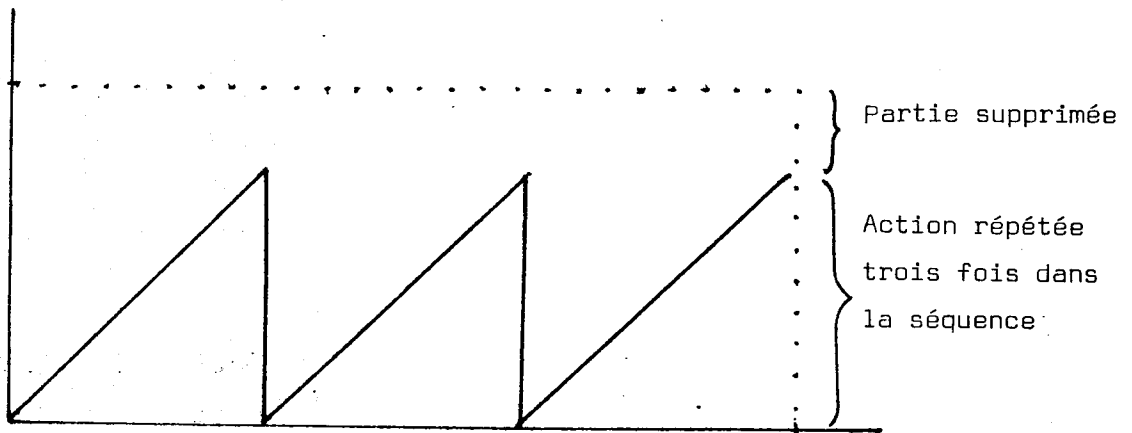


Figure 3.20

CHAPITRE IV

LES ELEMENTS DE BASE DU SYSTEME SAFRAN

1 - LE RELEVÉ

Le relevé est l'élément de base du dialogue animateur-système ; il permet d'exprimer, sous forme graphique, l'ensemble des données nécessitées par l'animation. Outre cette première vocation, le relevé répond également aux besoins suivants :

- Utilisation d'une même donnée graphique à plusieurs fins.
- Unicité du mécanisme d'introduction de données permettant à l'utilisateur de les exprimer de la même manière, quel que soit leur type.

1.1 - Définition

Nous nommerons relevé l'ensemble des renseignements associés à une section introduite par l'animateur (cf. III.1.1).

Ces renseignements, "relevés" directement par le système, ou fournis par l'utilisateur, doivent contenir le maximum d'informations en vue de satisfaire les diverses utilisations du relevé.

Les renseignements associés sont les suivants :

- Coordonnées des points exprimées dans le repère-écran ;
- vitesse et sens de tracé, déterminés en relevant l'"heure" à laquelle chaque point est introduit ;
- type de la section (ouverte ou fermée).

Le dessinateur peut également associer à ce trait, ou aux portions du plan qu'il délimite (cf. VI.2.1.3).

- une couleur exprimée comme une combinaison de trois couleurs primaires : rouge, vert, bleu ;
- une transparence variable entre 0 (opacité complète) et 1 (transparence totale).

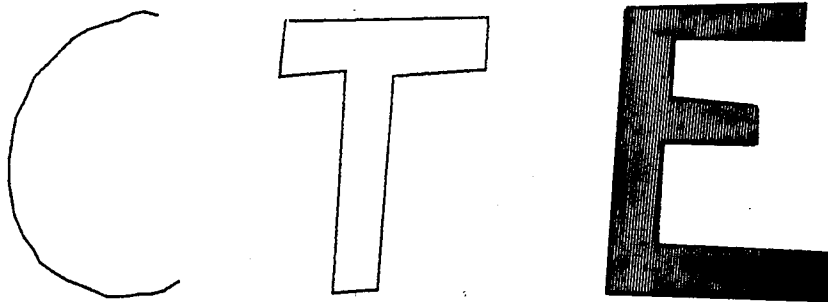


Figure 4.1 - Exemples de relevés

1.2 - Les différentes interprétations d'un relevé

La valeur exprimée par un relevé dépend uniquement de l'utilisation qui est faite de celui-ci. Cette propriété est illustrée par l'exemple ci-après où le relevé figurant les vagues joue trois rôles :

- il représente le dessin proprement dit des vagues,
- il sert à déterminer la position du bateau,
- il sert à déterminer l'orientation du bateau.

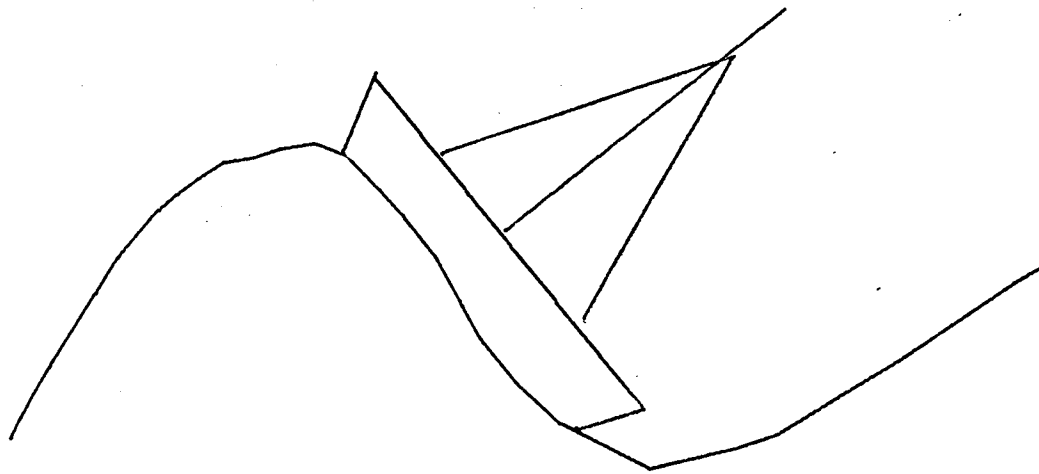


Figure 4.2

Il est à noter, en outre, que les renseignements utilisés dans ces trois cas peuvent être essentiellement différents :

- le dessin sera obtenu à partir des coordonnées des points, du type de section, de la couleur, de la transparence ;
- la détermination de la position et de l'orientation du bateau utilisera les coordonnées des points, éventuellement la vitesse et le sens du tracé, et le type de section (cf. III.2.2).

1.3 - L'utilisation des relevés

Les relevés, du fait de leur définition, sont utilisés à tous les

stades de la réalisation d'un film, c'est-à-dire aussi bien pour la création des dessins que pour la description de l'animation. En d'autres termes, ils peuvent participer à la définition

- d'un dessin,
- d'un domaine d'évolution,
- d'une fonction d'évolution.

1.3.1 - Les dessins

Un dessin est défini par la donnée d'un ensemble ordonné de relevés dont les coordonnées sont toutes exprimées par rapport à un même repère.

L'ordonnement des relevés dans un dessin permet d'utiliser certains d'entre eux comme "caches".

Soit, R_i et R_j , deux relevés d'un même dessin

$$R_i \subset \mathbb{R}^2, \quad R_j \subset \mathbb{R}^2$$

$$\forall i, j \quad j > i \Rightarrow R_j \text{ peut cacher } R_i$$

R_j cache effectivement une partie de R_i si

- (1) $R_i \cap R_j \neq \emptyset$
- (2) R_j n'est pas totalement transparent.

Cette propriété est, en fait, la transposition au niveau des relevés de la méthode traditionnelle de création des dessins. On peut, en effet, considérer que chacun des relevés est créé sur un "celluloïd" et que ceux-ci sont superposés dans l'ordre de numérotation, les derniers masquant les premiers. Le dessinateur peut ainsi créer des dessins contenant des informations

cachées susceptibles d'être dégagées au cours d'une animation.

Ordre d'affichage

- cercle transparent
- carré opaque
- triangle transparent

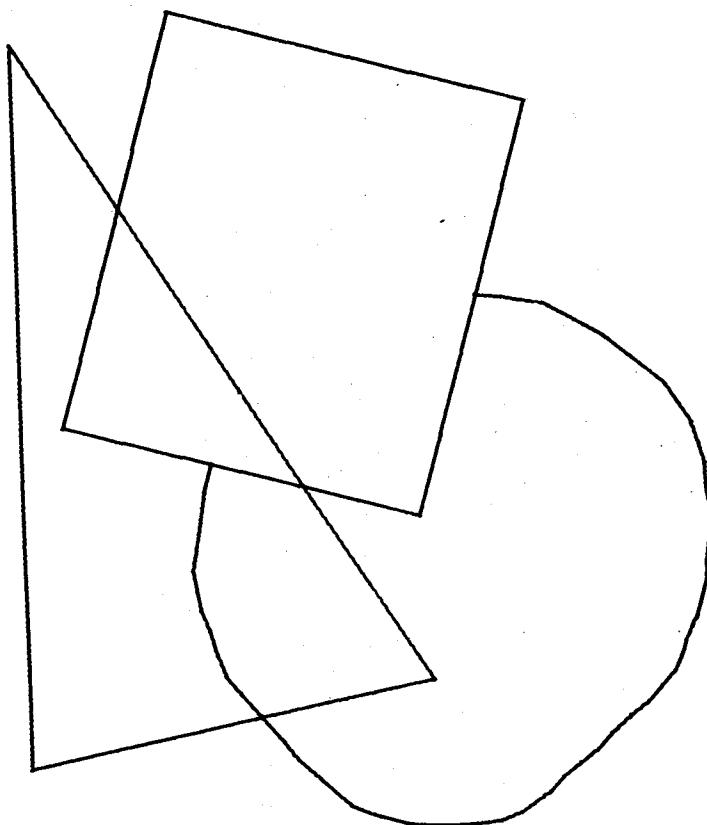


Figure 4.3 - La superposition des relevés

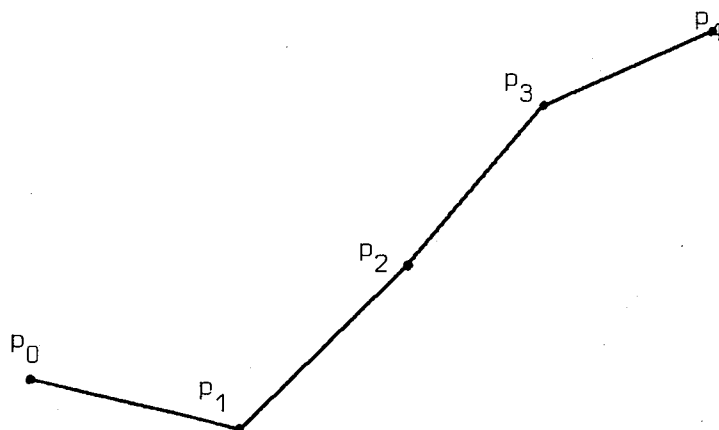
1.3.2 - Les domaines d'évolution

La description de l'animation (cf. III.2.1) nécessite la création de domaines d'évolution représentant l'espace d'arrivée des fonctions d'animation. Les valeurs à exprimer sont diverses, selon qu'il s'agit de déplacements, de

déformations ou de modifications d'aspect.

Ensemble de positions (trajectoire)

Ce domaine est déduit directement des coordonnées des points du relevé. On notera simplement à ce sujet qu'un relevé définit une trajectoire continue, les points servant à la définition du relevé étant supposés joints par des segments de droite, du fait de l'interpolation linéaire (cf. III.2.1).

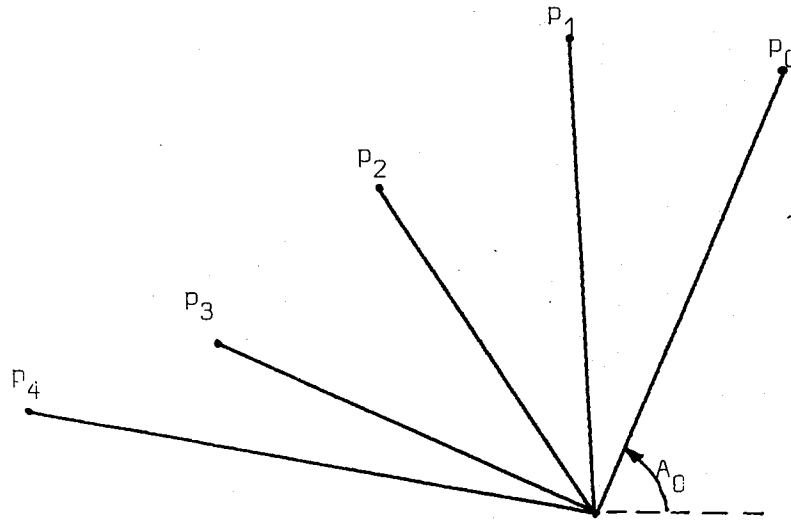


Ensemble d'angles

Lorsqu'un relevé est utilisé pour définir le domaine d'évolution d'une rotation, les valeurs qu'il doit fournir sont des valeurs d'angles. Le système déduit automatiquement ces valeurs à partir des points du relevé, de la manière suivante.

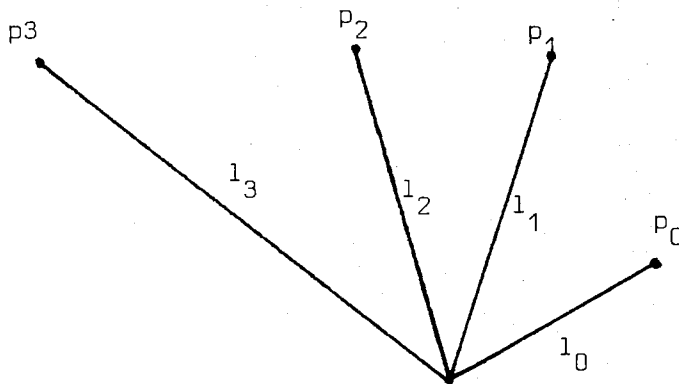
A chaque point du relevé (donné ou interpolé), on fait correspondre

l'angle de la droite joignant ce point à l'origine du repère par rapport à l'horizontale.



Ensemble de tailles

De la même façon que pour les angles, on associe à chaque point du relevé la longueur du segment de droite qui le joint à l'origine.



Ensembles de tracés, de couleurs, de transparences

Ces ensembles sont définis non pas à l'aide d'un seul relevé, mais d'une suite de relevés dont chacun exprime directement une valeur de tracé, de couleur, de transparence.

1.3.3- Les fonctions d'évolution

1.3.3.1 - Les fonctions d'évolution implicites

Elles sont obtenues en utilisant la "vitesse de tracé" du relevé définissant le domaine d'évolution auquel s'applique la fonction concernée.

Cette information permet, en effet, d'associer à chaque instant un indice d'évolution correspondant à la valeur (interpolée ou non) introduite à cet instant donné. La première valeur étant supposée introduite à l'instant $t = 0$.

Remarque - Le relevé contient dans ce cas d'utilisation, la donnée complète du mouvement.

1.3.3.2 - Les fonctions d'évolution explicites

Le système SAFRAN fournit à l'animateur un ensemble d'outils permettant de créer facilement diverses sortes de diagrammes faisant ou non intervenir la notion de temps. Ces outils seront décrits en détail au chapitre suivant ; on peut simplement noter ici que ces diagrammes sont, bien sûr, exprimés à l'aide de relevés interprétés de diverses manières selon les cas.

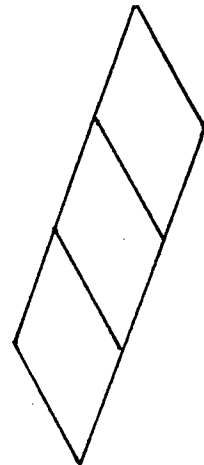
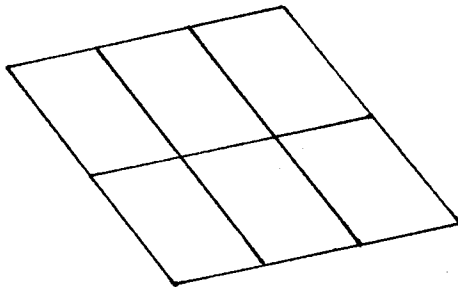
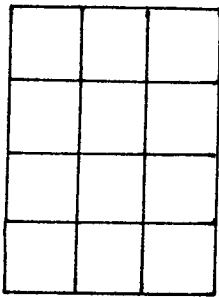
2 - LA TRAME

2.1 - Définition

Nous nommerons trame une grille plane, formée par la juxtaposition de mailles quadrilatères quelconques.

On peut distinguer deux catégories de trames :

- les trames régulières dont toutes les mailles sont semblables.



- les trames quelconques.

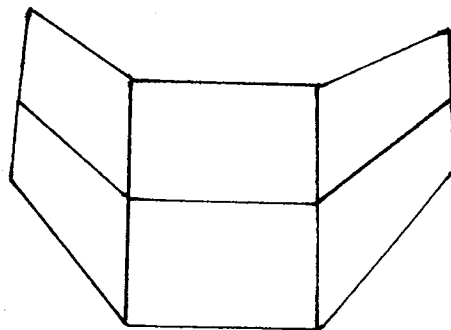
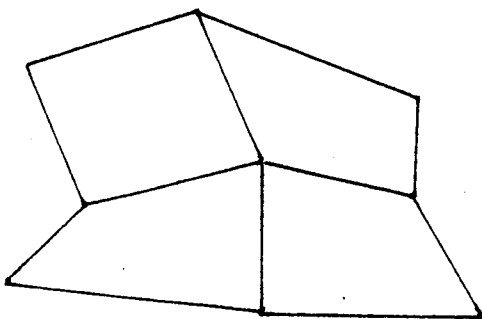
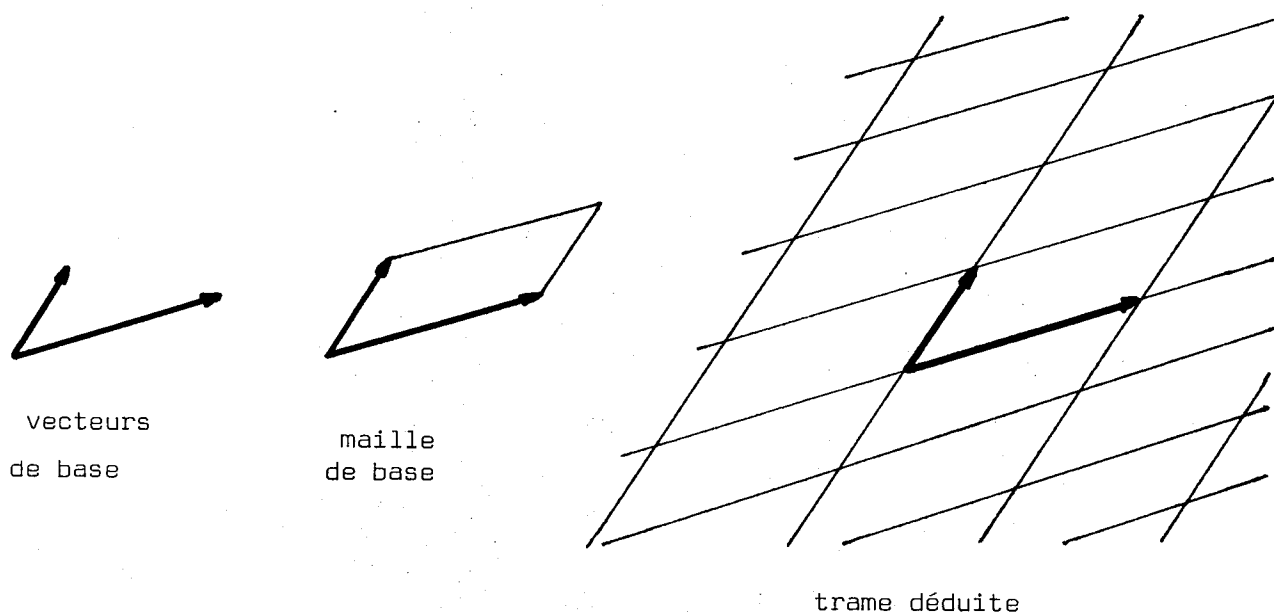


Figure 4.4 - Exemples de trames

On peut définir totalement une trame en indiquant les positions des noeuds définissant les différentes mailles.

Néanmoins, si cette opération est nécessaire pour les trames quelconques elle est inutile et fastidieuse pour les trames régulières. La donnée d'une trame est, en effet, assimilable à la définition d'un repère-plan. On peut ainsi définir cette trame en donnant deux vecteurs de base V_1 et V_2 qui définiront deux côtés adjacents d'une maille que nous nommerons maille de base, les autres s'en déduisant aisément.



Ce concept de trame, inspiré directement de la technique de carroyage employée dans l'animation traditionnelle, permet de déguiser quelque peu la notion de repère aux yeux de l'utilisateur. Celui-ci est, par contre, habitué à élaborer ses transformations à l'aide de cette technique de carroyage (cf. II.1.2), le système prenant alors en charge l'interface trame-repère. En outre, l'animateur peut exprimer en utilisant des trames quelconques, beaucoup plus qu'il ne pourrait avec un simple repère.

2.2 - Utilisation des trames

Lorsqu'une trame est associée à un dessin, le système exprime toutes les coordonnées de celui-ci dans le nouveau repère ainsi défini. Si dans le cas d'une trame régulière, cette opération consiste en un simple changement de base, il n'en est pas de même pour une trame quelconque où cette opération est plus coûteuse (cf. VI2.2).

Le dessin peut, alors, être manipulé par l'entremise de la trame par simple déplacement de ses noeuds.

Exemple 1 -

(P_0 , P_1 , P_2) représentant, dans l'ordre, l'origine et les extrémités des deux vecteurs.

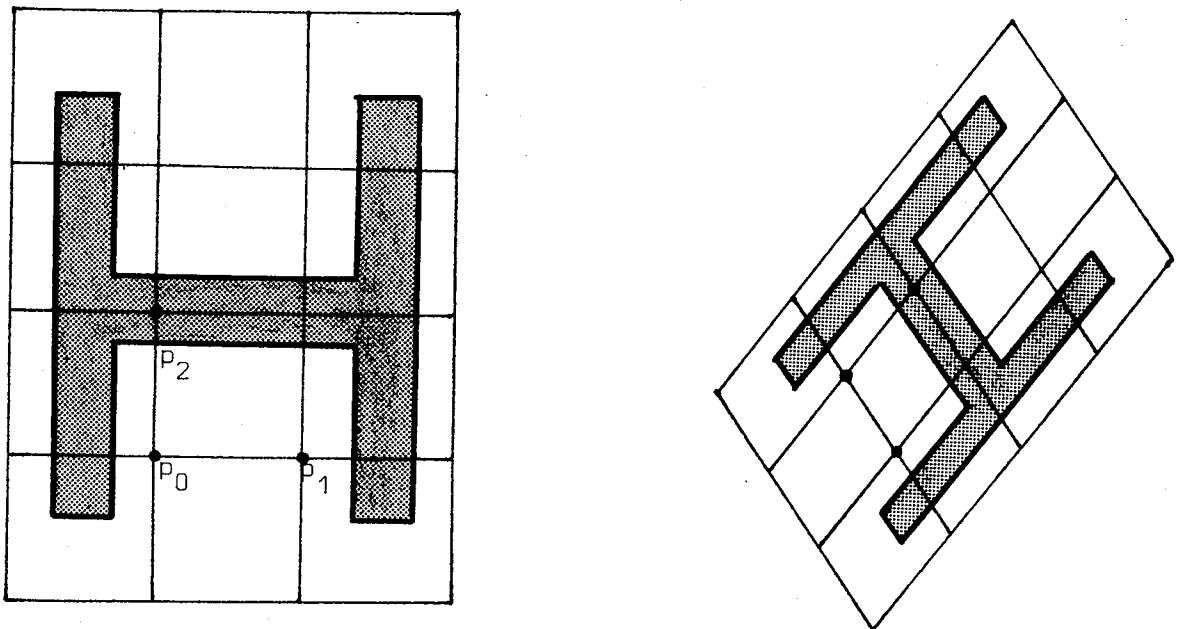


Figure 4.5 - Dessin associé à une trame régulière définie à l'aide de trois noeuds.

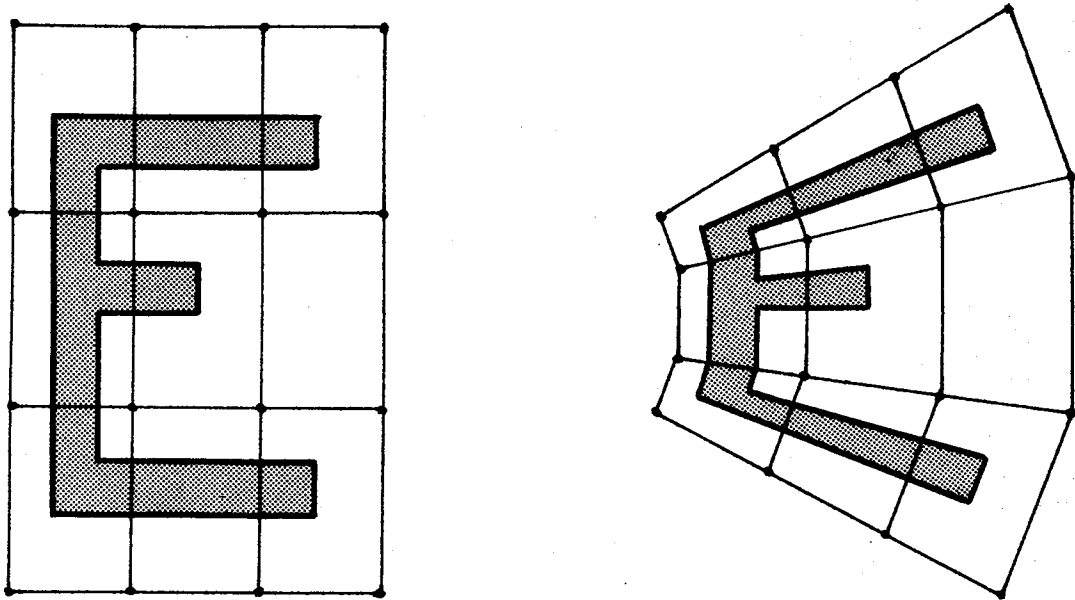
Exemple 2 -

Figure 4.6 - Dessin associé à une trame définie
à l'aide de 16 noeuds.

L'animateur dispose ainsi de moyens simples pour décrire les transformations usuelles du plan : translations, rotations, homothéties, mais il peut également en positionnant convenablement les noeuds de trame, décrire un grand nombre d'anamorphoses et simuler, entre autre, des perspectives ou des projections de l'espace à trois dimensions comme l'illustrent les exemples ci-dessus.

Il est à noter que le système offre également à l'utilisateur, la possibilité de définir des trames régulières, à l'aide d'un seul noeud ou de deux, voire même de laisser le système définir une trame standard.

3 - L'ACTEUR

Cette entité est celle dans laquelle les concepts de relevé et de trame définis ci-dessus vont trouver leur véritable signification. Nous rappellerons également les propriétés demandées aux acteurs. Ils doivent pouvoir :

- être animés de façon externe pour permettre la mise en scène ;
- réagir aux sollicitations externes ;
- conserver certaines propriétés inhérentes à leur constitution ;

Un acteur est entièrement déterminé si, à chaque instant, on sait lui affecter un dessin. C'est-à-dire qu'il doit être associé à un dessin dynamique dont l'évolution pourra être contrôlée aisément par l'animateur.

Pour répondre à ces objectifs ,l'acteur comprend trois éléments de description:

- les attributs,
- l'animation,
- les contraintes.

3.1 - Les attributs

On peut caractériser un acteur à l'aide d'un certain nombre d'attributs appartenant à trois rubriques:

- le repère,
- la trame,
- les états.

3.1.1 - Le repère

Cette première rubrique regroupe les attributs permettant de situer le repère associé à l'acteur par rapport au repère écran.

- *position*
- *orientation*
- *taille*
- *angle*

Ces attributs caractérisent en fait les deux vecteurs de base définissant le repère.

3.1.2 - La trame

L'association d'une trame à un acteur correspond à deux opérations distinctes:

- définition d'un repère
- définition de points servant à la manipulation de l'acteur.

La première de ces deux opérations offre , en fait , à l'utilisateur un second mode de définition du repère associé à l'acteur. Cette description s'effectue en désignant les positions des trois noeuds de la maille de base pour les trames régulières , ou les positions de tous les noeuds pour les trames quelconques.

La trame peut ainsi être caractérisée par un nombre variable d'attributs:

- *position-p₀*
- *position-p₁*
-
-
- *position-p_n*

Les points désignés par l'animateur ont cependant un second rôle à jouer. Ce seront sur eux, en effet, que s'appliqueront certaines fonctions d'animation adressées à l'acteur. Il s'agit, en quelque sorte, de points-guides grâce auxquels on peut animer l'acteur, le déplacement de l'un d'eux provoquant le déplacement ou la déformation de l'acteur.

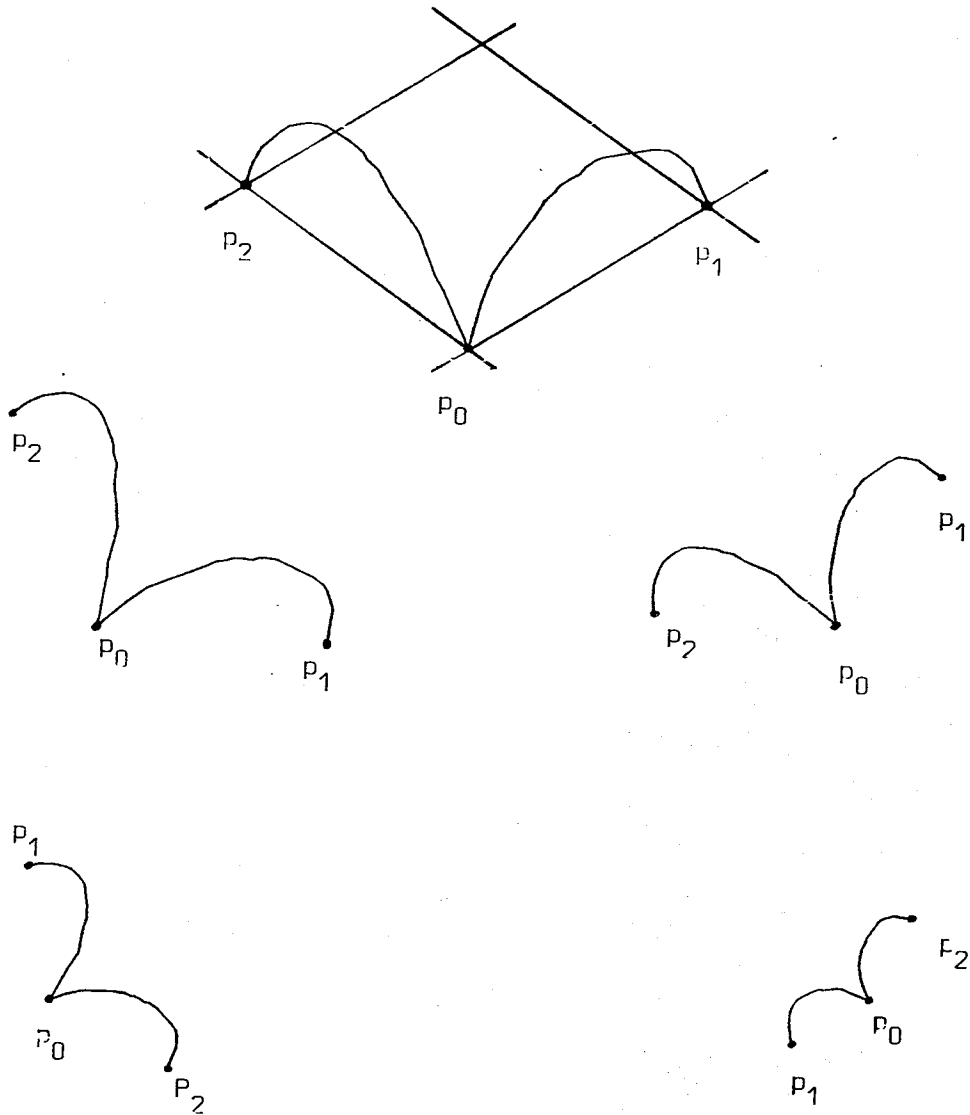


Figure 4.7 - Animation d'un "oiseau" à l'aide de trois points-guides

3.1.3 - Les états

Cette rubrique contient la description des différents aspects et formes que l'acteur est susceptible de prendre au cours de l'animation. C'est donc à l'aide des états que l'animateur décrira en particulier les déformations et les métamorphoses.

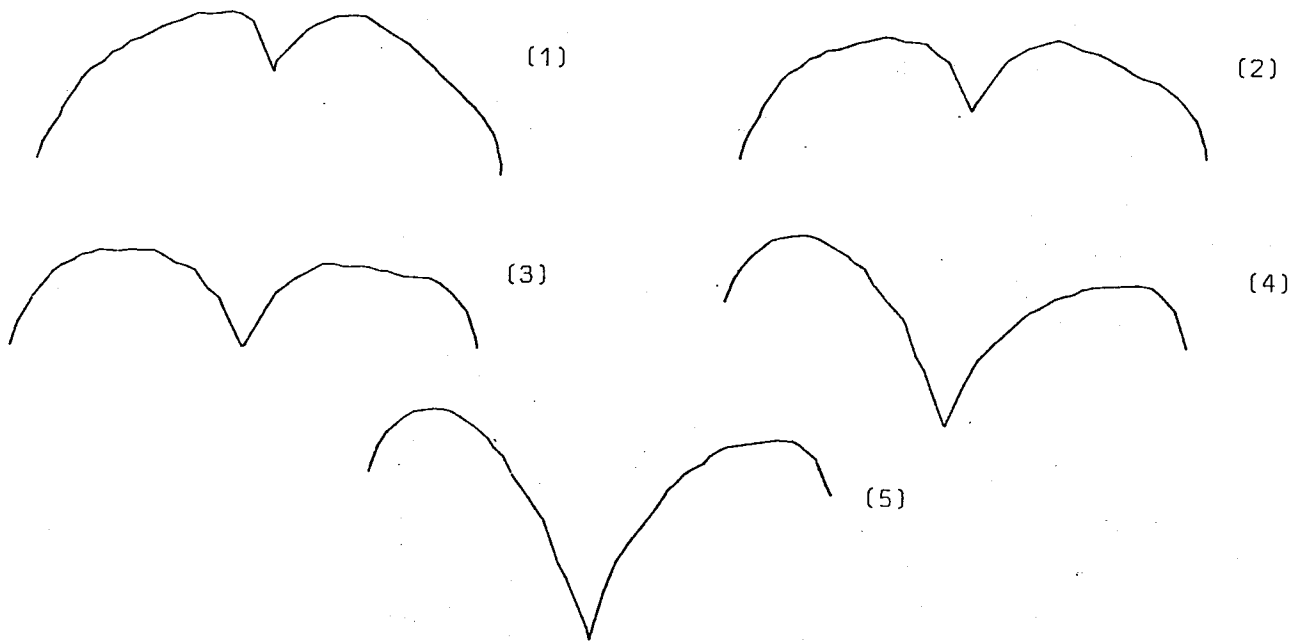


Figure 4.8 - Acteur "oiseau" défini à l'aide de cinq états.

Il est clair qu'il s'agit là d'une notion tout à fait analogue aux dessins-clés de l'animation traditionnelle.

L'exemple ci-dessus illustre le cas simple où tous les états sont définis à l'aide d'un relevé unique, mais l'utilisateur peut associer à chaque état un dessin différent, c'est-à-dire un ensemble de relevés possédant chacun une attitude, une forme et un aspect qui leur sont propres.

Le passage d'un état à l'autre, effectué par interpolation des différents dessins, devra par conséquent considérer, non seulement les variations de forme, mais également les variations d'attitude et d'aspect des différents relevés, voire même l'apparition ou la disparition de certains d'entre eux. Les problèmes soulevés par cette opération seront évoqués lors de l'implémentation (cf. VI.4).

Remarque -

Un acteur ne subissant que des translations, rotations et déformations, peut être défini à l'aide d'un état unique.

3.1.4 - Les attributs de l'acteur

On peut, pour résumer, donner l'ensemble des attributs susceptibles de caractériser un acteur:

- <i>position-p_0</i>]	<i>trame</i>
⋮		
- <i>position-p_n</i>]	<i>repère</i>
- <i>orientation</i>		
- <i>taille</i>		
- <i>angle</i>		
- <i>attributs des relevés associés à l'état</i>]	<i>état</i>

La redondance de cette caractérisation permet à l'animateur plusieurs modes d'animation d'acteurs (Cf paragraphe suivant).

L'attribut *position* du repère est confondu avec l'attribut *position- p_0* de la trame.

3.2 - L'animation d'un acteur

L'animation d'un acteur peut être obtenue à l'aide de trois opérations distinctes :

- Manipulation de la trame,
- Manipulation du repère,
- Passage d'un état à l'autre.

Il convient de noter la redondance de ces trois opérations, susceptibles d'engendrer toutes trois des translations, rotations et déformations. La dernière, seule, permet d'engendrer des métamorphoses ou des modifications d'aspect.

Cette redondance, du point de vue des résultats, n'en est pas une, du point de vue de la manipulation car les trois opérations ci-dessus correspondent à des cas d'utilisation essentiellement différents. Il est à noter, également, que l'équivalence des manipulations de trame et de repère permet l'expression et la vérification des contraintes de l'acteur (cf. IV.3.3.4).

Remarque -

Les translations, rotations et déformations obtenues par manipulation de la trame ou du repère sont composées avec celles engendrées (éventuellement) par le passage d'un état à l'autre.

3.2.1 - La manipulation de la trame

La trame est manipulée par l'intermédiaire de ses noeuds qui deviennent, en l'occurrence, les points-guides de l'acteur. Les fonctions d'animation sont appliquées aux attributs:

- position- p_0
- ⋮
- position- p_n

L'animation à l'aide des points-guides est illustrée par l'exemple de l'"oiseau" (cf. IV.3.1), ou encore, par l'exemple ci-dessous, de l'acteur "bielle" dont la représentation à chaque instant ne dépend que de la position de deux points-guides (P0, P1).

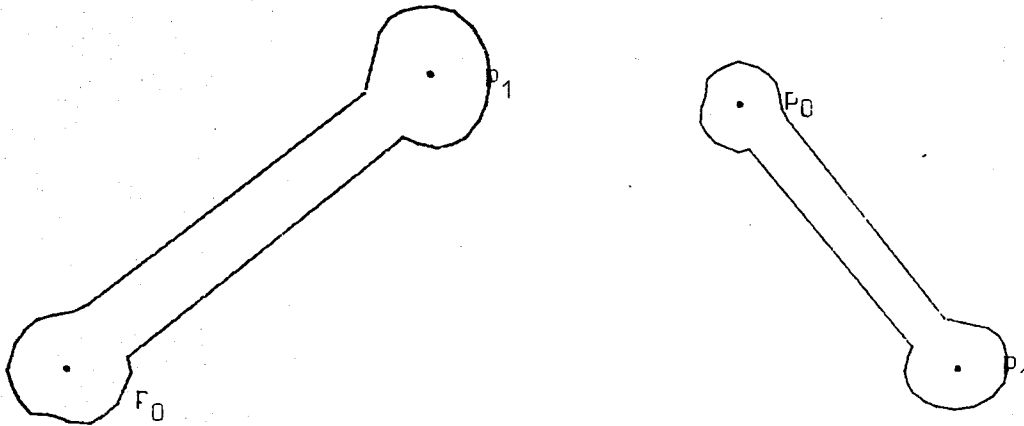


Figure 4.9 - Manipulation d'une "bielle".

3.2.2 - La manipulation du repère

Il convient de noter que cette opération vient en complément de la précédente qui détermine également les caractéristiques du repère associé à l'acteur. Ces deux rubriques peuvent être combinées, offrant ainsi à l'utilisateur, une grande souplesse de description de l'animation. Celui-ci peut, en effet, spécifier directement les fonctions d'animation à appliquer aux attributs du repère:

position, orientation, taille, angle.

Ce mode d'animation est illustré par l'exemple ci-après, du "coeur qui bat", dans lequel l'animateur mentionne simplement l'évolution de la taille au cours du temps.

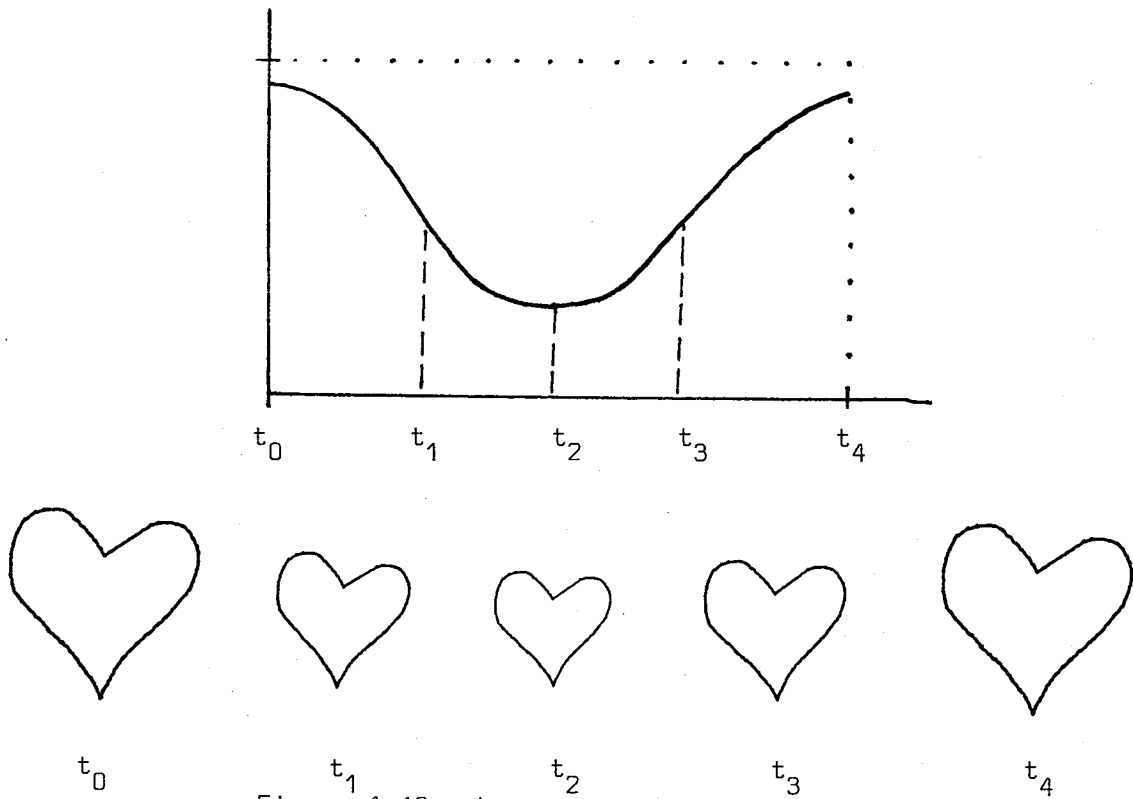


Figure 4.10 - Le coeur qui bat.

Remarque -

Si cette taille est également définie par la manipulation de la trame, le système conclut à une impossibilité d'animation (cf. IV.3.3.4).

3.2.3 - Le passage d'un état à l'autre

Cette opération est analogue à celle pratiquée par les intervalistes dans l'animation traditionnelle. L'animateur fournit pour cela un certain nombre de dessins-clés et décrit au moyen d'un diagramme l'évolution de la transformation. La tâche du système consiste alors à déterminer l'ensemble des états intermédiaires nécessaires à la présentation d'un mouvement continu, en respectant strictement la fonction d'évolution imposée.

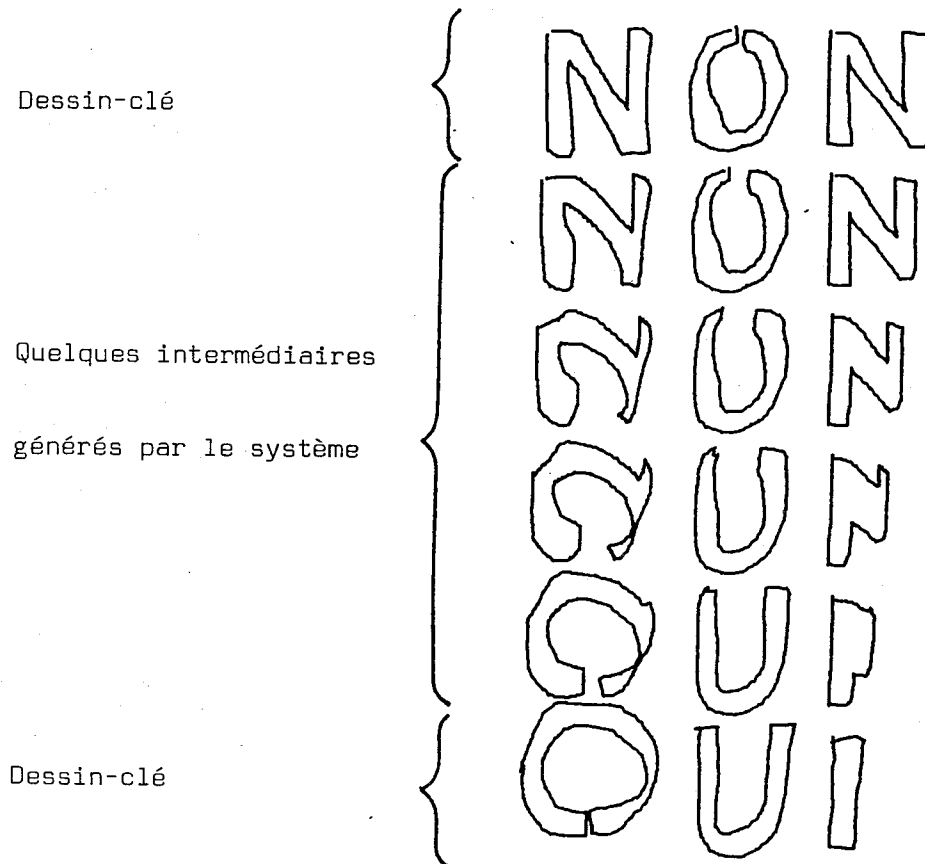


Figure 4.11

Remarque

Les fonctions d'évolution permettent l'obtention de variations continues, effet obtenu par un procédé d'interpolation entre les différentes valeurs (positions, angles, tailles, tracés, couleurs, transparences) du domaine d'évolution (cf. III.2.1.1).

L'utilisation de cet outil, sur lequel repose en fait toute l'animation, permet de s'affranchir totalement du problème de la discontinuité des domaines d'évolution, en particulier les trajectoires représentées à l'aide de quelques points seulement, sont parcourues comme des ensembles continus.

Il s'agit donc d'un outil implicitement présent partout et que le système utilise, si besoin est, pour pallier au manque de définition des données fournies par l'animateur. D'autre part, l'interpolation entre *états*, offre de grandes possibilités, considérant à la fois les formes, les parties cachées, les couleurs et les degrés de transparence des dessins (cf. VI.4).

3.3 - Les contraintes

Nous nommerons contrainte une propriété d'un acteur, invariante pendant toute son existence, et qu'il a à charge de satisfaire à tout instant, quelles que soient les sollicitations externes.

Le système SAFRAN permet à l'animateur d'exprimer des contraintes s'appliquant aussi bien à l'attitude, à la forme, ou à l'aspect des acteurs, en d'autres termes, à chacun des attributs de ceux-ci :

positions des points-guides, orientation, taille, angle, état.

Les contraintes que l'animateur peut associer à ses acteurs peuvent se répartir en trois classes :

- les limitations,
- les évolutions propres,
- les réactions.

La distinction entre ces trois classes dépend principalement de la provenance (interne ou externe) des domaines et fonctions d'évolution servant à la description de l'animation.

3.3.1 - Les limitations

Nous dirons qu'un acteur possède une limitation si l'un de ses attributs est astreint, d'une manière interne, à un domaine d'évolution pour toute la durée de vie de l'acteur. L'animation de celui-ci (en ce qui concerne cet attribut) ne nécessite donc que la donnée d'une fonction d'évolution à l'intérieur de ce domaine.

Le système fournit les moyens d'associer, lors de la création d'un acteur, un domaine d'évolution à certains de ses attributs.

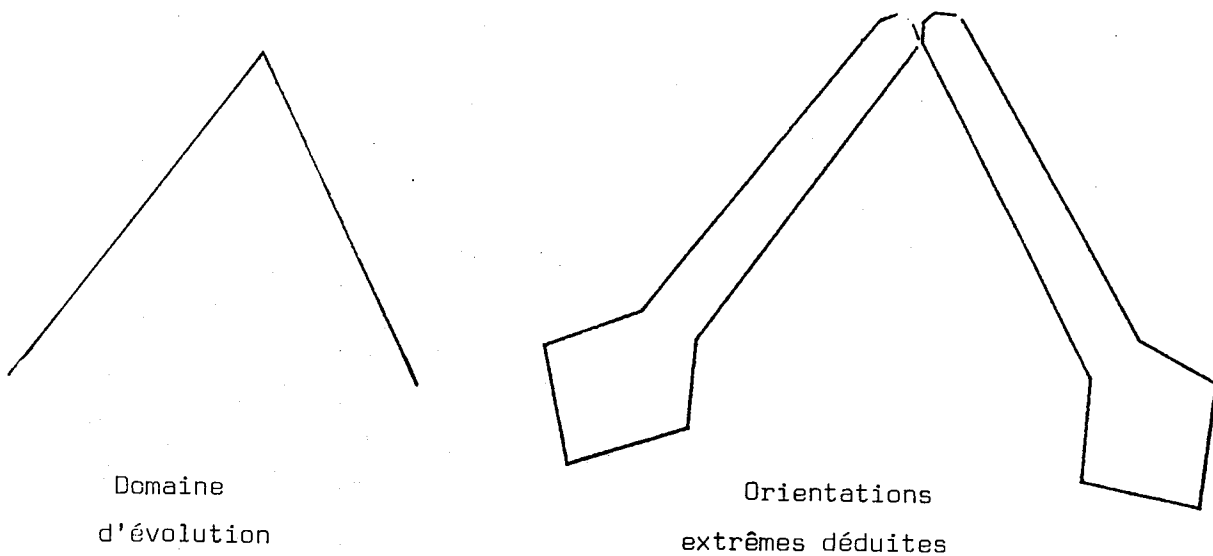


Figure 4.12 - Le balancier contraint d'osciller entre deux orientations extrêmes.

Les domaines d'évolution dynamiques

Outre les ensembles d'angles, de tailles, d'orientations, qu'il peut dessiner directement, l'animateur peut utiliser des domaines d'évolution dynamiques, c'est à dire construits au cours de l'animation de l'acteur.

L'animateur peut utiliser comme domaine d'évolution, l'un quelconque des relevés associés à l'état d'un acteur, relevés soumis, par conséquent, aux fonctions d'animation appliquées à l'acteur.

Cette option permet notamment, l'expression d'interdépendances entre acteurs (Cf IV.5.2.2), ainsi que la réalisation d'assemblages mécaniques de toutes sortes (Cf V.6.3.2).

3.3.2 - Les évolutions propres

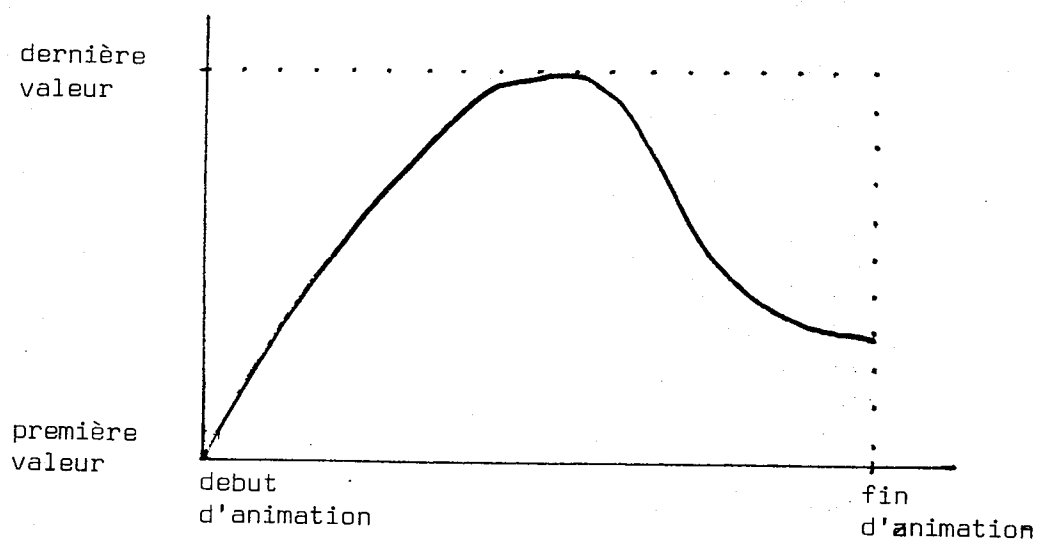
Nous dirons qu'un acteur possède une évolution propre si l'un de ses attributs se voit astreint, de façon permanente et interne, à une fonction d'évolution donnée.

L'animation de cet acteur ne nécessite, par conséquent, que la donnée du domaine d'évolution (pour cet attribut).

Le système fournit également les moyens d'associer, lors de la création d'un acteur, des fonctions d'évolution à chacun de ses attributs.

Remarque -

Le domaine d'évolution peut être fourni par l'acteur lui-même (cas de la limitation), ou par l'extérieur pour les besoins de la mise en scène. Les fonctions d'évolution doivent donc être définies de manière relative afin d'être applicables à des domaines inconnus. De plus, le temps pendant lequel l'acteur sera utilisé (durée de la scène) est également inconnu. On sera donc amené à décrire les fonctions d'évolution de la manière suivante.



Les lois de variation ainsi définies sont alors applicables à des domaines d'évolution de type quelconque, et ceci pendant une durée quelconque.

Exemples -

- (1) Le balancier oscille entre les orientations extrêmes, quelles qu'elles soient.

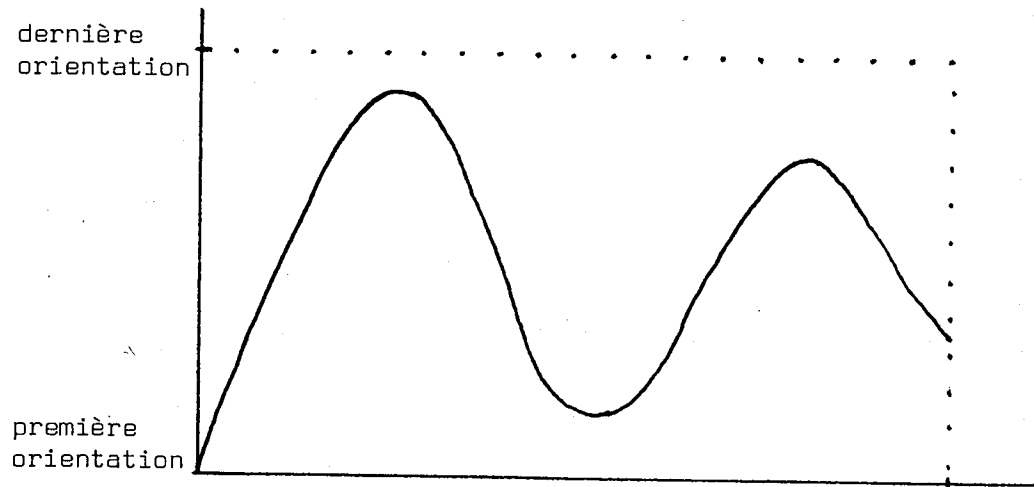


Figure 4.13

- (2) La "bielle" dont la taille reste constante et égale à la première valeur du domaine quelle qu'elle soit.

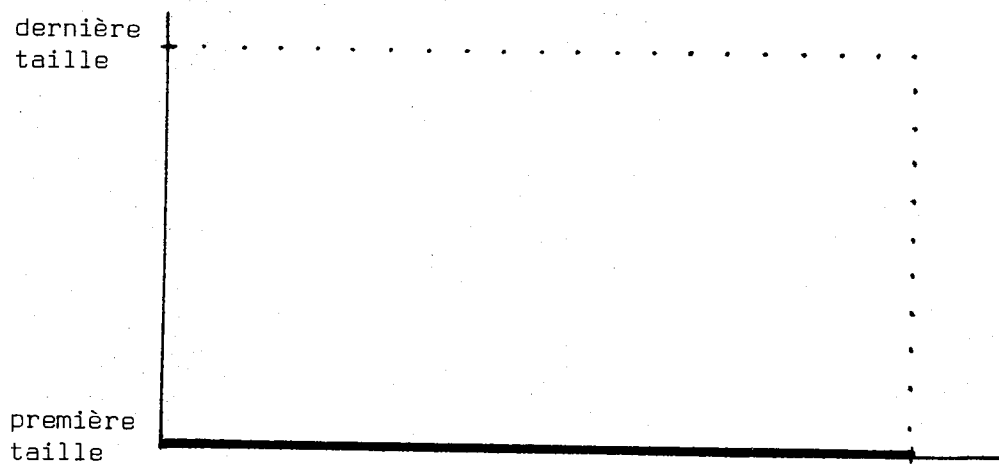


Figure 4.14

(3) "L'oiseau" qui bat des ailes, quels que soient les dessins représentant celles-ci. L'évolution s'applique dans ce cas à l'attribut *état*.

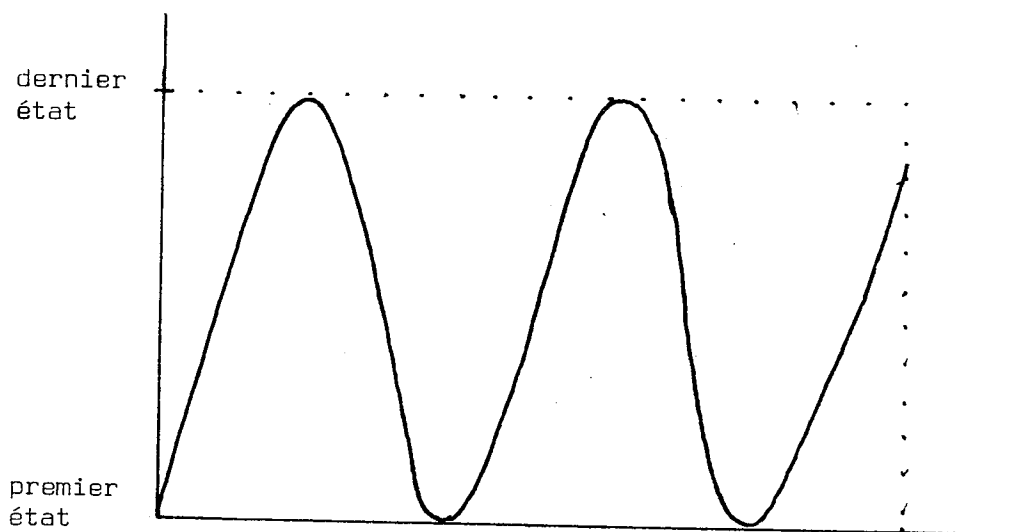


Figure 4.15

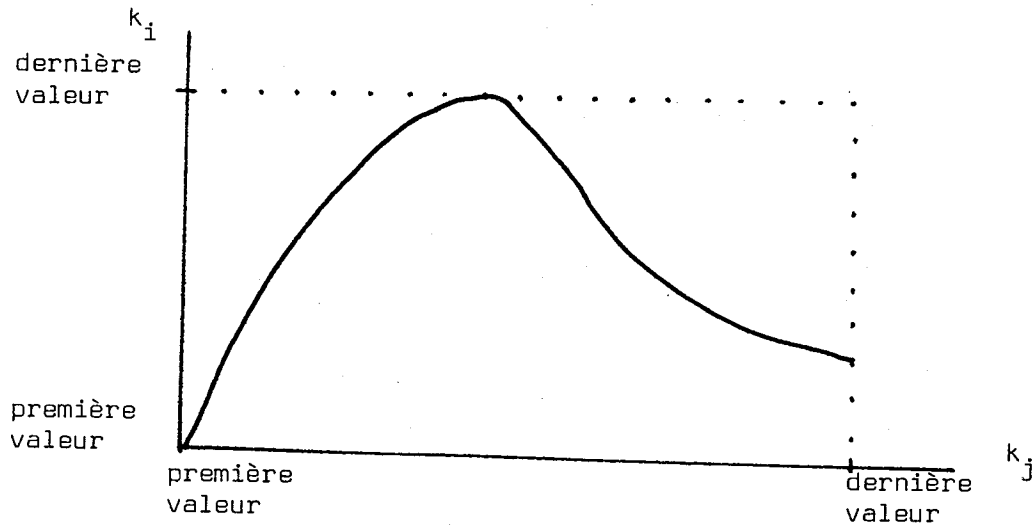
3.3.3 - Les réactions

Nous dirons qu'un acteur possède une réaction s'il existe une relation de dépendance entre les évolutions de ses attributs.

Dans cette rubrique, l'évolution d'un attribut A_i ne dépend pas exclusivement du temps comme dans la précédente, mais de l'évolution d'un autre attribut, A_j .

SAFRAN fournit les outils permettant ces descriptions de manière entièrement graphique.

La définition d'une réaction sur A_i est effectuée d'une manière relative, à l'aide d'un diagramme représentant une fonction d'évolution e_i dont la variable est l'indice d'évolution k_j de A_j .



$$e_i : \mathcal{R} \rightarrow \mathcal{R}$$

$$k_j \rightarrow k_i = e_i(k_j)$$

avec

$$k_j = e_j(t) \Rightarrow k_i = (e_i \circ e_j)(t)$$

Exemples -

(1) La "roue" qui avance lorsqu'elle tourne. L'évolution de la *position* du centre est lié à celle de l'*orientation*. (La loi ci-après simule un effet de patinage au démarrage).

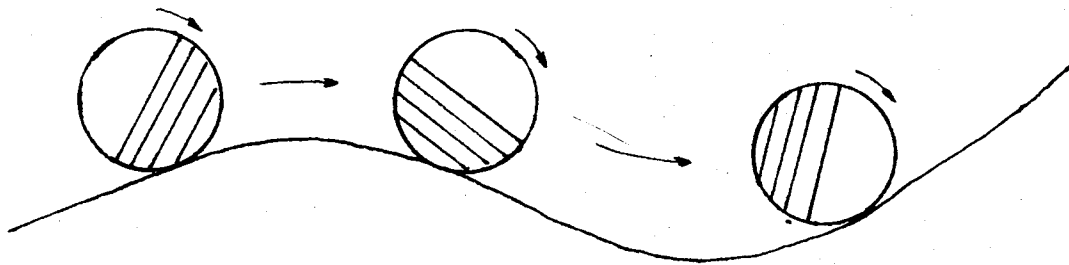
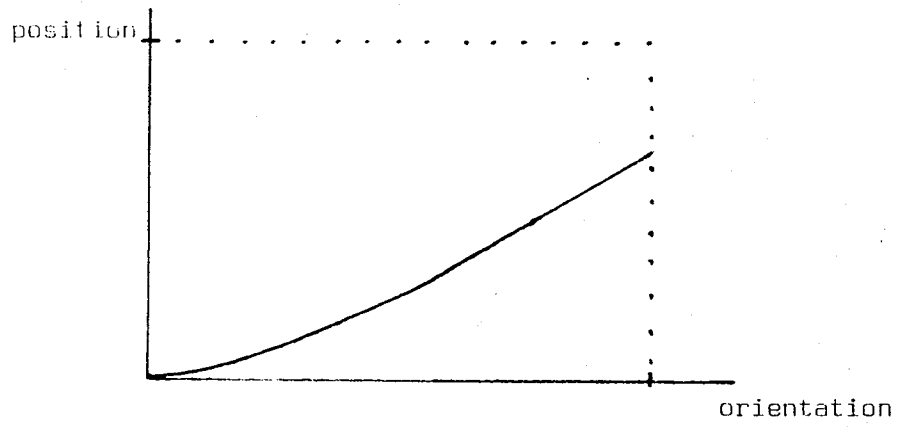


Figure 4.16

(2) Le "verre" qui se vide quand on l'incline. Dans ce cas, c'est l'évolution de l'état qui est lié à celle de l'orientation.

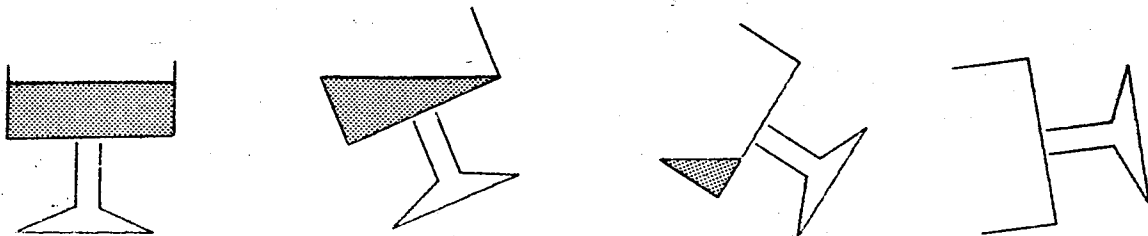
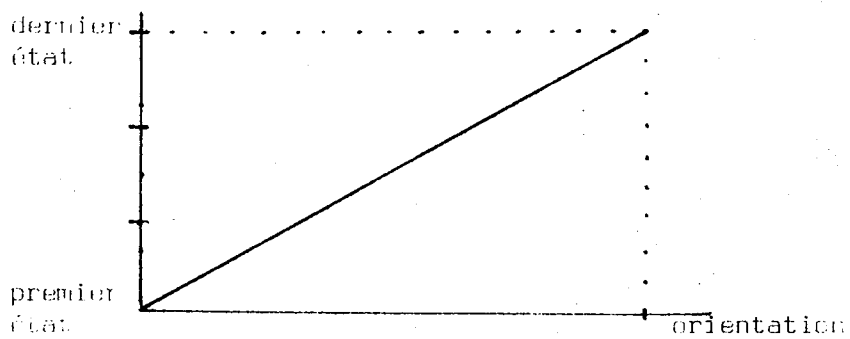


Figure 4.17

3.3.4 - La compatibilité des contraintes

Il incombe ici, au système, la tâche de résoudre les problèmes soulevés par la redondance des attributs d'un acteur.

Cas des trames régulières

Les positions occupées par les trois points-guides suffisent à définir la position, l'orientation, la taille et l'angle de la trame et, par conséquent, de l'acteur ; or ces attributs peuvent également être manipulés directement.

Les trois points-guides P0, P1, P2, déterminent entièrement le repère de la façon suivante (cf. IV.2):

- . P0 détermine la position de l'origine,
- . P1 détermine l'orientation et l'échelle de l'un des axes,
- . P2 détermine l'orientation et l'échelle de l'autre axe.

Le système évalue les contraintes à chaque instant en exécutant successivement les trois opérations ci-dessous.

- (1) Détermination du repère à partir des *positions des points-guides*.
- (2) Détermination du repère à partir de l'animation appliquée directement aux attributs : *orientation, taille, angle*.
- (3) Résolution des éventuels conflits découlant de cette double définition.

Exemple

L'animateur définit un acteur "bielle" dont la taille doit demeurer constante (évolution propre).

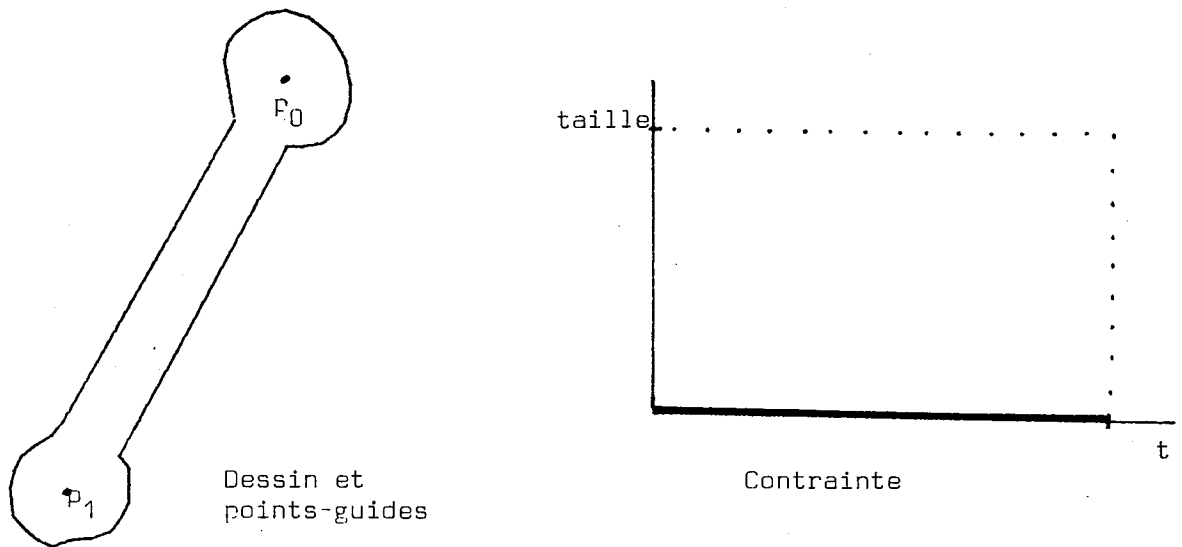


Figure 4.18

- L'animateur impose au point P_0 une trajectoire et une évolution sur celle-ci ; par contre, il n'impose qu'une trajectoire à P_1 , mais aucune évolution.

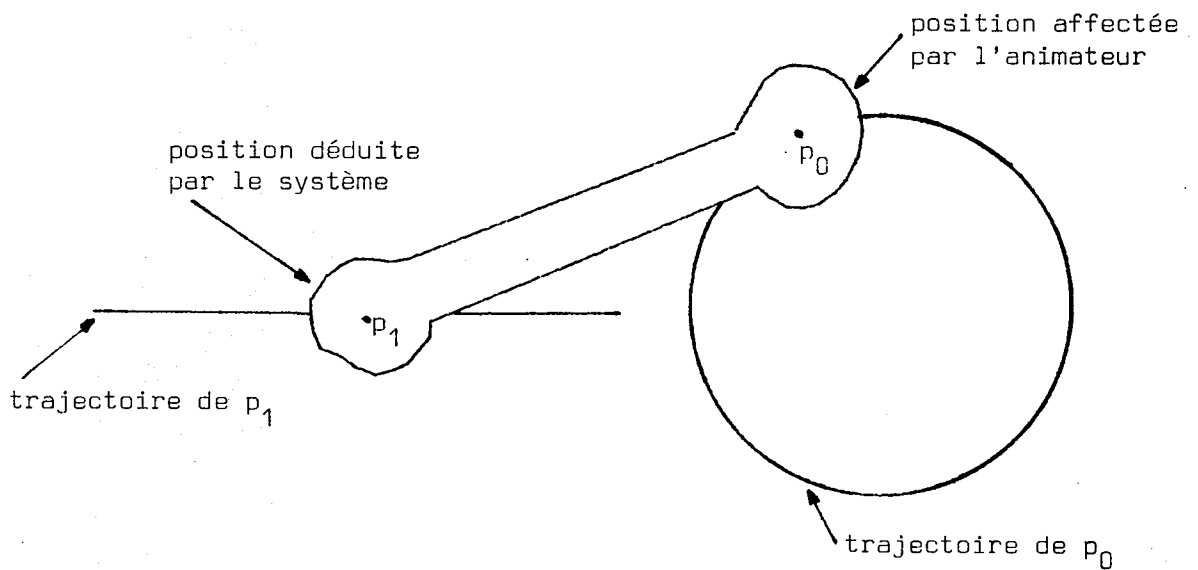


Figure 4.19

Le système SAFRAN se charge de déterminer à chaque instant la position de P1 sur sa trajectoire de manière à respecter la contrainte imposée sur la taille (cf. VI.5.1.2).

En cas de rupture de contrainte, due à l'impossibilité de satisfaire une contrainte, ou à une incompatibilité, le système provoque l'arrêt de l'animation de l'acteur pour le reste de la scène, ou l'arrêt immédiat de celle-ci avec enchaînement de la scène suivante.

Cette option permet ainsi la création de scènes qui se dérouleront tant que toutes les contraintes sont satisfaites, la scène suivante pouvant, en particulier, illustrer les effets de la rupture de contrainte.

Cas des trames quelconques

Si la trame associée à l'acteur est quelconque, les attributs : *orientation, taille, angle*, n'ont aucune signification, et on considère uniquement :

- les *positions de points-guides*,
l'état.

L'éventail des contraintes autorisées est évidemment limité aux seules évolutions propres, ou réactions entre les différentes positions et l'état. La redondance de la définition ayant disparu, il ne peut y avoir aucune incompatibilité de contraintes lors de l'emploi de trames quelconques.

Les contraintes prédéfinies

Afin de faciliter la tâche de définition des contraintes, le système SAFRAN propose un certain nombre de contraintes prédéfinies parmi les plus courantes. L'animateur peut ainsi, à l'aide d'un simple nom, invoquer tout un ensemble de contraintes formant un tout logique (cf. V.5.1.1).

4 - LES DECORS ET LA CAMERA

Le système SAFRAN propose à l'animateur deux entités supplémentaires ;

- le décor,
- la caméra.

Pour la mise en scène (cf. III.1.3.3) le réalisateur va devoir fixer la place des différents décors ainsi que le jeu de la caméra. Or, on peut noter que ceux-ci sont, en fait, des acteurs particuliers possédant des contraintes spécifiques que nous examinerons ci-après.

4.1 - Le décor

Un décor est un acteur prédéfini par le système et possédant les caractéristiques suivantes :

- Il est associé à une trame régulière standard (un seul point-guide).
- Il est composé d'un *état* unique, ce qui implique qu'il ne pourra subir aucune métamorphose ni modification d'aspect.
- Contraintes : tous les attributs sont astreints à rester invariants (cf. V.5.1.1).

Ce choix correspond à l'utilisation la plus courante du décor, pour laquelle le réalisateur voit sa tâche grandement simplifiée. Dans les cas nécessitant des décors animés, ceux-ci seront alors assimilables à des acteurs ordinaires.

SAFRAN fournit, d'autre part, les moyens de décrire des décors de grande taille pour effectuer, en particulier, des panoramiques ou des travellings arrières.

4.2 - La caméra

La caméra est un acteur unique prédéfini par le système et possédant les caractéristiques suivantes :

- Il est associé à une trame régulière standard (un seul point-guide).
- Il ne comporte pas de rubrique *état*, c'est-à-dire qu'aucun dessin ne lui est associé.
- Contraintes : les attributs *orientation et angle* sont astreints à rester invariants.

Ce choix implique que la caméra ne peut pivoter sur elle-même. Cette limitation (peu gênante) est uniquement dictée par un souci d'efficacité du traitement équivalent à la prise de vue.

L'évolution de la position permet, entre autres, de simuler des panoramiques, ou encore, d'imposer à la caméra une trajectoire donnée.

L'évolution de la taille correspond à l'utilisation d'un objectif à focale variable (zoom) dont on peut mentionner le rapport de grossissement à l'aide d'une fonction d'évolution.

5 - LA SCENE

La scène est une entité dans laquelle le réalisateur va exprimer son scénario, en choisissant les participants et en décrivant l'animation relative de ceux-ci.

Une scène résulte :

- du choix des participants (acteurs, décors et caméra, cette dernière étant indispensable),
- de l'animation relative des participants.

5.1 - Les participants à la scène

SAFRAN associe aux scènes une notion de profondeur (cf. III.1.3.1). Les participants peuvent donc évoluer dans cette troisième dimension comme dans les deux précédentes. Il est à noter, en outre, que tous les participants à la scène ne sont, en fait, que des acteurs, y compris les décors et la caméra.

On peut donc caractériser les participants à l'aide des attributs suivants :

- positions des points-guides,
- orientation,
- taille,
- angle,
- état,
- plan.

Ce dernier attribut précisant la profondeur de la scène.

Remarque -

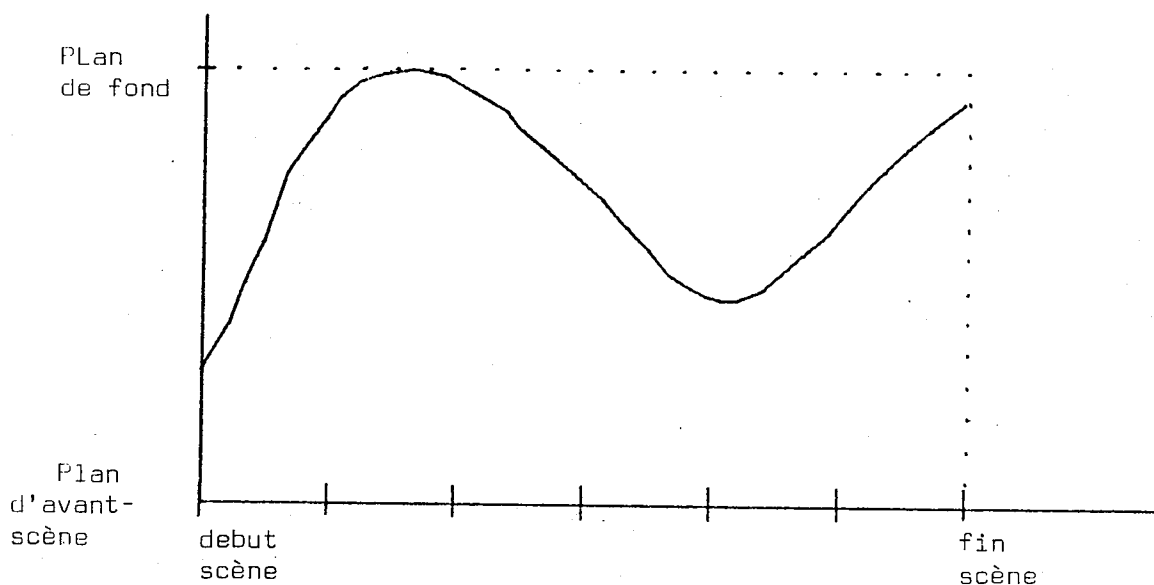
Un même acteur peut participer plusieurs fois et simultanément à une même scène.

5.2 - L'animation des participants

Le réalisateur va devoir exprimer ici les effets nécessités par la mise en scène. Il doit, entre autres, pouvoir synchroniser et coordonner l'animation des différents acteurs sans avoir à se soucier de leurs contraintes respectives (qu'il doit néanmoins connaître).

Au moment de la création d'une scène, la durée réelle n'est pas nécessairement connue et dépend, entre autres, des visionnages et du montage final du film. De même que dans le cas de l'animation interne des acteurs, il est souhaitable de pouvoir se référer à une durée relative et, par conséquent à un temps local, pour décrire les différentes évolutions.

Il est à noter que l'évolution du *plan* peut être décrite, également, à l'aide d'un diagramme.



Lorsqu'un acteur est engagé pour participer à une scène, ce qui peut être effectué par simple mention de son nom, il "demande" au réalisateur les données manquant à son animation externe.

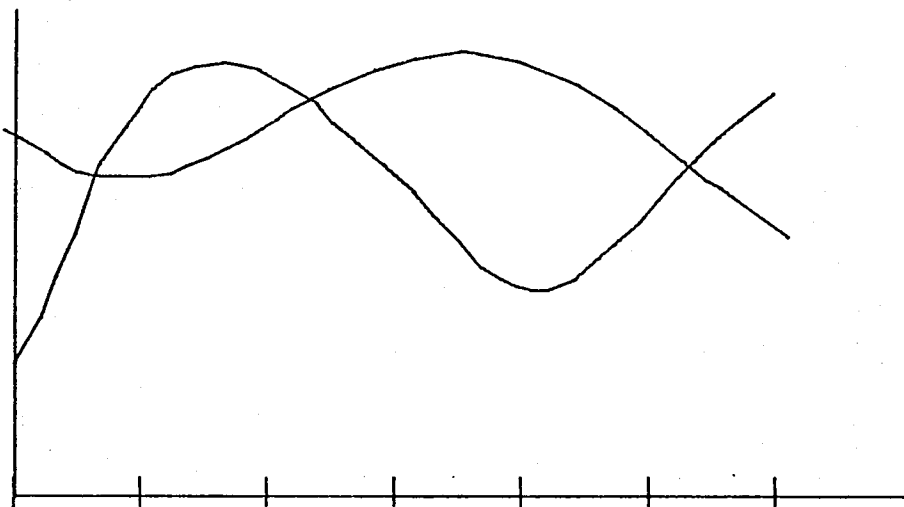
En d'autres termes, pour un attribut donné dont la définition comporte nécessairement un domaine et une fonction d'évolution, l'acteur demande qu'on lui fournisse le premier, s'il n'est sujet à aucune limitation interne, le second, s'il n'est sujet à aucune évolution propre ou réaction, ou les deux si l'attribut considéré est libre de toutes contraintes.

En particulier, un décor nécessite uniquement la donnée de sa position et de son plan initiaux.

5.2.1- La synchronisation des participants

La synchronisation des participants dans une scène peut être réalisée très simplement à l'aide de la méthode de superposition des évolutions.

Le système superpose les différentes évolutions sur un même diagramme, comme l'illustre l'exemple ci-dessous. On notera que cette méthode est celle employée dans le système GENESYS (3).



Si le diagramme ci-dessus, représente l'évolution des deux acteurs sur une même trajectoire, les points d'intersections symbolisent la collision des deux acteurs.

5.2.2 - L'interdépendance des participants

Il s'agit ici d'exprimer des relations, non plus entre les évolutions, mais entre les domaines servant à la définition des fonctions d'animation.

Cette facilité permet d'exprimer notamment :

- qu'un acteur sert de trajectoire à un autre,
- qu'un acteur est accroché en un point précis d'un autre (qu'il suivra par conséquent),
- que la *taille* ou l'*orientation* d'un acteur est égale à tout instant à celle d'un autre acteur.

Exemple -

Le bateau suit le contour des vagues bien que celui-ci se déforme constamment (domaine dynamique).

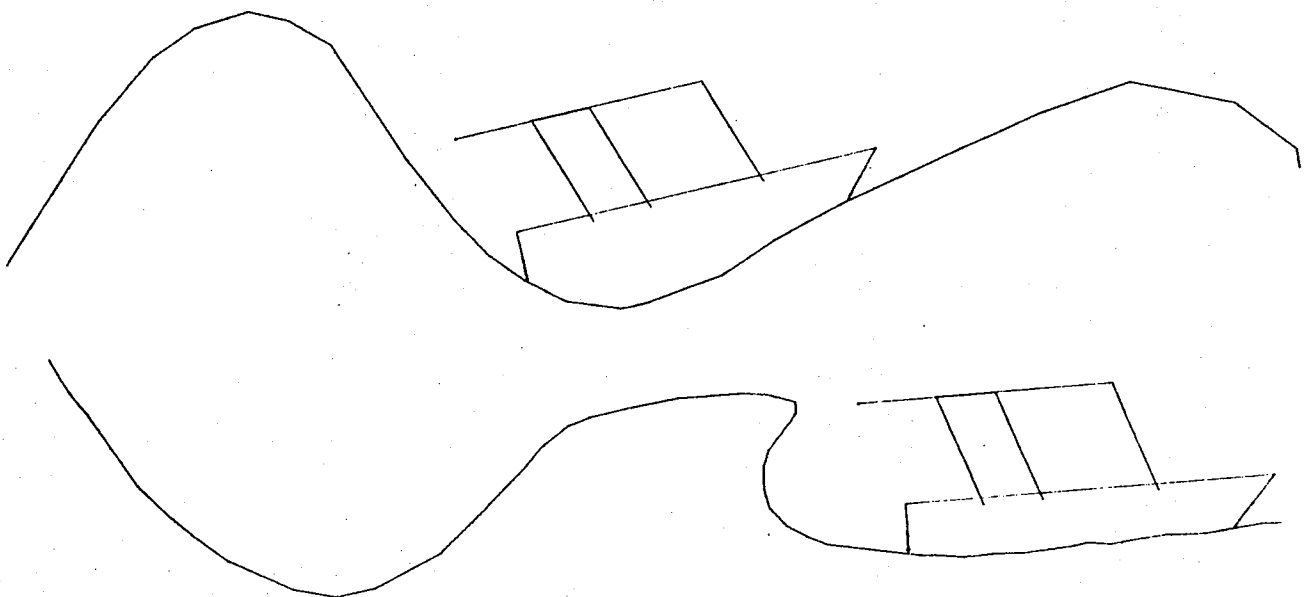


Figure 4.20

5.2.3 - Les conséquences de l'animation de la caméra

(1) Le déplacement en profondeur (travelling).

- L'avancement progressif de la caméra vers le plan de fond provoque le grossissement des participants, puis leur disparition, lorsque la caméra les traverse.
- L'avancement progressif de la caméra vers le plan d'avant-scène provoque l'apparition des participants qu'elle traverse, puis la diminution de leurs proportions.

(2) Le déplacement latéral

Le déplacement de la caméra dans un plan fixe selon une direction donnée, est équivalent au déplacement simultané de tous les participants, dans la direction opposée, d'une quantité inversement proportionnelle à la distance les séparant de la caméra.

(3) Le zoom

La variation de la taille de la caméra dans un rapport donné provoque la variation simultanée de la taille de tous les participants dans le même rapport.

Il est à noter qu'il s'agit là, en fait, de réactions entre l'évolution des attributs des différents participants et celle des attributs de la caméra.

6 - LE FILM

Nous nommerons film, un ensemble de séquences ordonnées dans l'ordre chronologique de leur projection.

Définition - Une séquence résulte de l'association

- d'une scène,
- d'une durée de projection,
- d'une fonction d'évolution.

6.1 - La séquence

Une séquence est créée en utilisant comme support une scène, néanmoins, celle-ci peut être présentée de différentes façons : rapidement, lentement, en défilement arrière, par bonds, etc... . Il faut ainsi, d'une part, allouer une durée réelle à la séquence et, par suite, à la scène, et d'autre part, décrire l'évolution de cette dernière dans la période impartie.

6.1.1 - La durée de projection

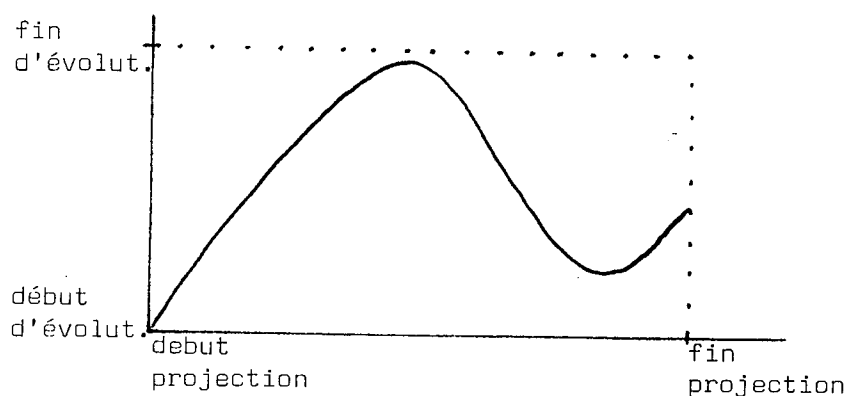
La durée allouée à la séquence est, en fait, la durée de projection, c'est-à-dire le temps réel pendant lequel cette séquence se déroulera lors de la projection du film.

Le système prend alors en charge de calculer les images intermédiaires nécessaires à donner l'illusion de mouvement continu pendant cette période.

6.1.2 - La fonction d'évolution

Il s'agit ici d'une fonction d'évolution absolument identique à celles étudiées jusqu'ici, c'est-à-dire une loi de correspondance

entre le temps réel de projection et l'évolution de la scène. Cette loi s'exprime également de manière relative à la durée de projection.



Il est à noter que ce mode relatif de description permet, entre autres, de ralentir ou d'accélérer le rythme d'une séquence en augmentant ou en réduisant simplement sa durée sans avoir à modifier son évolution.

6.2 - L'écoulement du temps

La durée dont il est question ci-dessus est exprimée en "secondes de projection" du film après photographie de l'ensemble des images produites sur l'écran. Le défilement de ces images sur l'écran est subordonné, pour sa part, à une horloge simulée, le temps réel n'étant pas envisageable pour un tel système.

La progression de cette horloge peut être commandée par le réalisateur s'il désire visionner son film image par image, ou encore, laissée à la discrétion du système qui présente alors ces images à son rythme propre, conditionné en grande partie par la complexité des dessins.



CHAPITRE V

LE DIALOGUE ANIMATEUR-SYSTEME

1 - LES ELEMENTS DE BASE DU DIALOGUE

Nous rappelons brièvement ici, les règles imposées au dialogue par les objectifs visés (cf. II.2.3).

- Le dialogue est direct sans support de langage de commande.
- L'animateur ne communique avec le système qu'à l'aide de données graphiques, de menus ou de noms.
- La mise en oeuvre est inspirée des habitudes de travail des ateliers d'animation et est, au maximum, indépendante du matériel disponible.

Nous examinerons, ci-après, les conséquences de cette position au niveau du dialogue animateur-système.

1.1 - L'indépendance vis-à-vis du matériel

Le terme "mise en oeuvre" recouvre en fait, deux aspects différents qu'il convient de distinguer :

- les manipulations, c'est-à-dire l'ensemble des "gestes" nécessités par le dialogue, correspondant chacun à une fonction physique (par exemple, l'appui sur une touche),
- les fonctions logiques, correspondant chacune à un type d'interaction spécifique (par exemple l'introduction d'une donnée alphanumérique).

S'il est bien évident que les manipulations dépendent entièrement du matériel disponible, il n'en est pas de même au niveau des fonctions logiques(cf. VI.1).

Une même fonction logique peut ainsi conduire à des manipulations différentes sur des matériels différents.

Les fonctions logiques de base d'un dialogue graphique sont au nombre de quatre:

- Collecte de coordonnées,
- Introduction de valeurs,
- Menu,
- Désignation d'une partie de dessin.

Ces fonctions de base correspondent au plus bas niveau du dialogue ; or il est souhaitable, dans une application spécifique comme l'animation, de disposer de fonctions d'un niveau supérieur et, par conséquent, mieux adaptées aux besoins réels.

Nous examinerons, ci-après, les définitions des fonctions de base. Les manipulations et l'implémentation dans les différentes configurations possibles, sont présentées au chapitre VI.

1.2 - Les fonctions de base du dialogue

Les fonctions de base du dialogue, proposées par SAFRAN, sont au nombre de trois :

- La collecte d'un relevé.
- L'introduction d'un nom.
- Le menu.

1.2.1 - La collecte d'un relevé

Cette opération fondamentale est effectuée dans tous les cas à l'aide d'une tablette, seul dispositif offrant au dessinateur la précision et la facilité d'emploi dont il a impérativement besoin. Lorsque le système attend une introduction de relevé (à l'occasion de la création d'un dessin ou de la description de l'animation), le rôle qui incombe au dessinateur est :

(1) de tracer un trait, tracé pendant lequel le système effectue les opérations suivantes :

- Echantillonnage des points transmis par la tablette,
- Récupération de la vitesse de tracé,
- Fermeture automatique de la section suivant certains critères.

(2) d'indiquer éventuellement la couleur et la transparence affectées à ce relevé.

1.2.2 - L'introduction d'un nom

Cette fonction de base, effectuée à l'aide du clavier alphanumérique, permet d'associer un nom quelconque aux différentes entités créées en vue de les rendre accessibles. Le même nom peut être affecté à deux entités de natures différentes (par exemple, un acteur et une scène).

1.2.3 - Le menu

1.2.3.1 - Définition

Nous nommerons menu une primitive d'interaction dans laquelle :

(1) le système présente sur l'écran :

- une liste de noms d'actions
- une liste d'objets.

(2) l'utilisateur désigne :

- un ensemble d'objets parmi ceux présentés par le système
- l'action qu'il désire exécuter (en traitement des objets désignés).

Exemple -

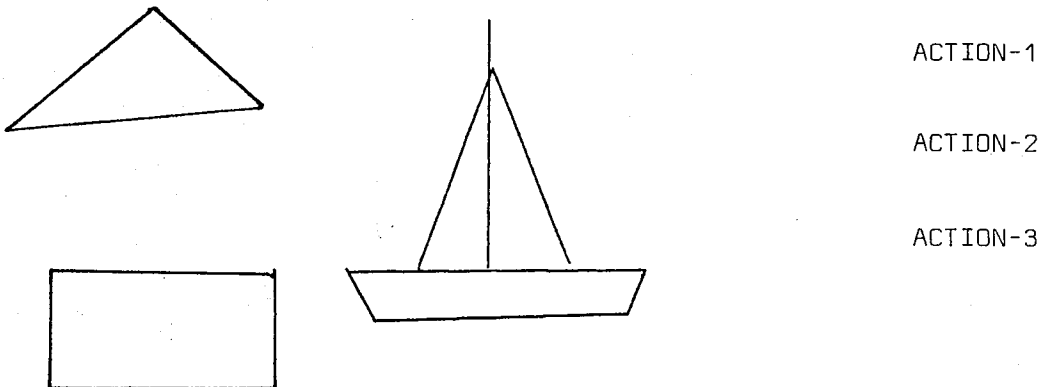


Figure 5.1 - Exemple de menu.

Ce menu devient un menu classique si la liste d'objets est vide. Il s'agit alors, pour l'utilisateur, d'un simple choix d'actions.

Si la liste d'actions est vide, le menu équivaut alors à la désignation d'objets dans un catalogue.

L'utilisation des menus est présente à tous les niveaux du dialogue animateur-système, aussi bien pour décider de l'ordonnancement des différentes phases de la réalisation que pour créer, cataloguer, supprimer ou modifier les entités de l'animateur.

1.2.3.2 - Les menus graphiques

La liste des objets peut être présentée de deux manières différentes:

- présentation des noms affectés aux objets,
- présentation des objets sous leur forme graphique (s'il en ont une, par exemple les relevés d'un dessin), voire même, sous une forme symbolique. L'utilisateur désigne alors directement le dessin de l'objet qu'il désire sélectionner.

1.3 - Les catalogues

1.3.1 - Utilisation des catalogues

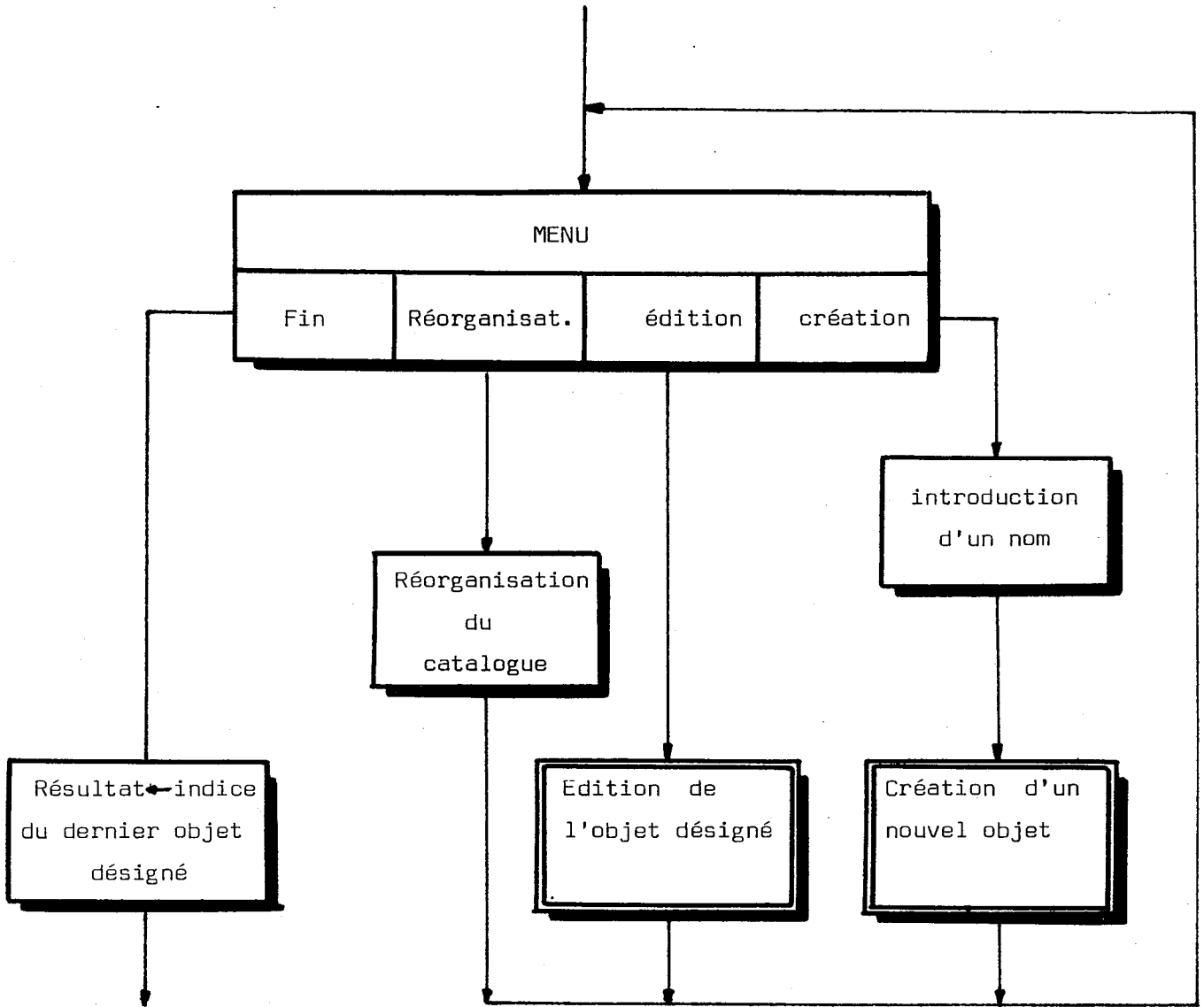
Le système SAFRAN offre à l'utilisateur la possibilité de réutiliser des entités précédemment définies, ceci grâce à trois catalogues contenant respectivement:

- les scènes,
- les acteurs,
- les dessins.

Toutes les entités créées doivent être nommées par l'utilisateur et sont, par conséquent, accessibles grâce à leur nom.

Les trois catalogues sont indépendants, c'est-à-dire que le même nom peut être affecté à la fois à une scène, un acteur, un dessin.

SAFRAN propose une fonction, chargée de la consultation et de la gestion des catalogues, offrant une mise en oeuvre unique quel que soit le type du catalogue traité.



⇒ Action spécifique à chaque catalogue

Figure 5.2

1.3.2 - La gestion et la consultation des catalogues

Cette fonction, concernant les trois types des catalogues, vise un double objectif :

- permettre la consultation d'un catalogue et la sélection de l'un des objets qu'il contient ;
- permettre sa gestion, son enrichissement, sa réorganisation.

Le traitement, dont l'organisation est schématisée par la figure 5.2, débute par un menu présentant :

- d'une part, la liste des objets contenus par le catalogue ;
- d'autre part, une liste d'actions :
 - . fin de consultation
 - . réorganisation
 - . édition
 - . création.

L'utilisateur désigne alors, dans la liste des objets, celui (ou ceux) qu'il désire traiter, puis désigne dans la liste d'actions l'opération à exécuter.

A) Fin de consultation

Cette opération répond à une double vocation :

- elle provoque la fin de la consultation du catalogue et, par conséquent, l'abandon de la fonction ;
- elle fournit comme résultat, en vue d'utilisations futures, l'indice du dernier objet (chronologiquement) désigné dans le catalogue.

B) Réorganisation

Cette opération, unique pour tous les catalogues, place l'utilisateur dans un contexte de réorganisation à l'intérieur duquel il dispose de commandes permettant notamment :

- de réordonner tous les objets du catalogue selon l'ordre dans lequel ils sont désignés
- de supprimer certains objets désignés dans la liste.

C) Edition

Le dernier des objets désignés par l'utilisateur est communiqué à un sous-programme d'édition qui permet de le visualiser et de le modifier. Le système fournit pour cela des sous-programmes d'édition de scènes, d'acteurs, de dessins.

D) Création

De même que pour l'édition, le système invoque un sous-programme de création spécifique à chaque catalogue : scènes, acteurs, dessins. Les entités créées sont ajoutées à la liste de celles existantes.

2 - L'ORGANISATION GENERALE DE LA MISE EN OEUVRE

Le système SAFRAN propose une organisation du dialogue extrêmement souple, entièrement dirigée par l'utilisateur qui peut, dans une certaine mesure, adapter la mise en oeuvre à ses propres habitudes de travail.

Par exemple, dans le cas de la description d'une scène, l'animateur peut adopter deux tactiques différentes.

- Création de tous les dessins et acteurs nécessités par la scène, puis description de l'animation de celle-ci.
- Ebauche de description de la scène, puis création progressive des acteurs et des dessins au fur et à mesure de l'avancement de la description.

Il s'agit donc de laisser l'utilisateur choisir l'ordre des différentes tâches qu'il doit accomplir, ordre déterminé par sa pratique habituelle ou par son inspiration.

2.1 - Les contextes

La solution adoptée par SAFRAN est basée sur une imbrication dynamique des différents niveaux de dialogue.

Nous nommons contexte une partie logique du système chargée d'exécuter une phase spécifique de la réalisation d'un film.

SAFRAN compte cinq contextes :

- *la réalisation du film,*
- *la mise en scène,*
- *la création d'acteurs,*
- *la création de dessins,*
- *la description d'animation.*

2.2 - L'imbrication dynamique des contextes

L'organisation de la mise en oeuvre est régie par les règles suivantes :

soient C_i et C_j deux contextes différents,

(1) A l'intérieur du contexte C_i , C_j peut être invoqué :

- a) par l'animateur à l'aide d'un menu présentant les contextes autorisés ;
- b) par le système pour les besoins du traitement.

(2) Lorsque le système entre dans un texte C_j , il y reste jusqu'à ce que l'utilisateur provoque la sortie du contexte.

(3) Lorsque le contexte C_j est terminé, l'exécution du contexte appelant C_i reprend à son point d'interruption.

(4) Chaque catalogue spécifique à un contexte C_i ne peut être modifié qu'à l'intérieur de ce contexte. Il peut néanmoins être consulté à partir d'un autre contexte C_j .

La figure 5.3 représente l'ensemble des cheminements possibles entre les différents contextes ainsi que les catalogues spécifiques.

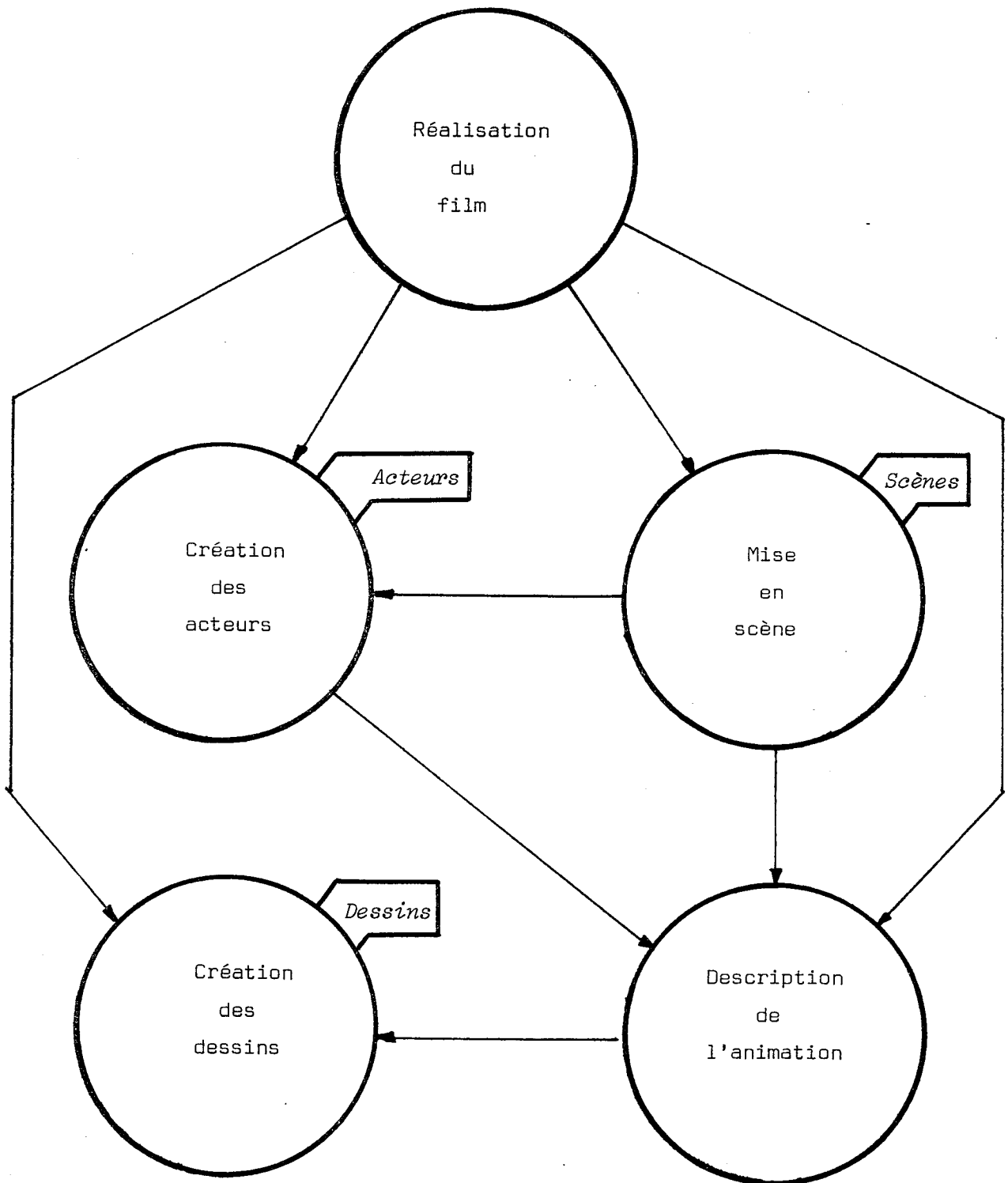
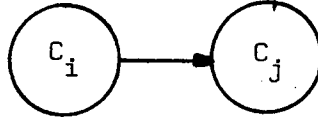


Figure 5.3

Remarque -



signifie que le contexte C_i invoque C_j . Chaque flèche est parcourue deux fois :

- sens direct à l'appel de C_j ,
- sens inverse en retour vers C_i .

SAFRAN offre ainsi un dialogue adaptable aux exigences de l'animateur qui peut, en particulier, imposer l'ordre des travaux lui convenant le mieux grâce au contexte de *réalisation du film* décrit ci-après.

3 - LA REALISATION INTERACTIVE DU FILM

L'appel du système, par l'utilisateur, provoque l'entrée automatique du contexte *réalisation du film*. Ce contexte permet l'exécution de deux tâches distinctes :

- la conception des entités nécessitées par le film,
- l'édition du film, permettant notamment, son montage et son visionnage.

3.1 - La conception des entités du film

Cette première tâche invoque, successivement, les trois contextes de création des entités nécessitées par la conception du film :

- *création de dessins,*
- *création d'acteurs,*
- *mise en scène.*

L'ordre des phases ci-dessus, est celui adopté par les animateurs professionnels (cf. II.1).

• La création des dessins : l'utilisateur peut, au cours de cette phase :

- créer tous les dessins nécessitées par le film,
- créer une partie des dessins nécessaires,
- ne créer aucun dessin.

• La création d'acteurs : invoquée systématiquement à la fin de la création des dessins, cette phase permet également à l'utilisateur, de :

- créer tous les acteurs du film,
- créer une partie des acteurs,
- ne créer aucun acteur.

Il convient de noter que la création d'un acteur provoque indirectement l'entrée du contexte *création de dessins* pour la description des états (cf. V.5.1.2). Le dessinateur peut alors :

- sélectionner un dessin introduit lors de la phase précédente,
- dessiner directement celui-ci, si aucun des dessins existants ne convient.

. La mise en scène

Contrairement aux deux phases précédentes, le réalisateur doit, ici, décrire toutes les scènes du film.

La description de scènes utilise également le contexte *création d'acteur* pour le choix des participants (cf. V.4.1). L'animateur peut, ici encore :

- sélectionner un acteur créé lors de la phase précédente,
- créer un nouvel acteur si aucun ne convient.

Cette organisation laisse, en fait, l'utilisateur maître de sa mise en oeuvre et lui permet, notamment, d'ordonnancer les différentes phases de l'animation en fonction de ses habitudes de travail.

3.2 - L'édition du film

Cette deuxième tâche fondamentale de la réalisation d'un film est celle dans laquelle l'utilisateur va effectuer les opérations correspondant au montage, au visionnage et à la prise de vues.

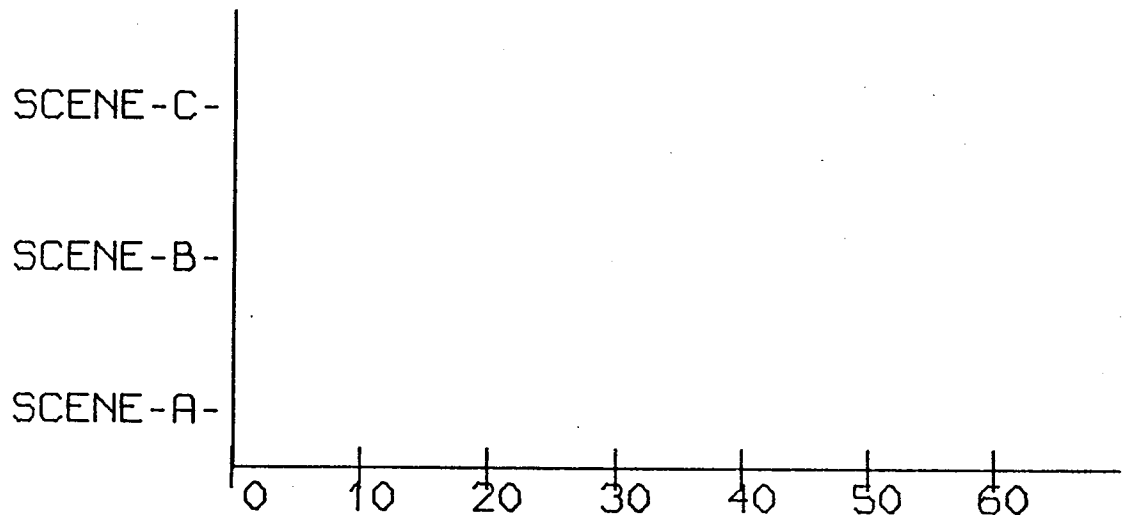
3.2.1 - La création des séquences

Nous rappelons qu'une séquence est définie par la donnée de

- la scène utilisée,
- la durée de projection,
- l'évolution de la scène.

La création des différentes séquences du film est effectuée par le réalisateur d'une manière entièrement graphique.

SAFRAN présente sur l'écran de contrôle le diagramme ci-dessous, présentant d'une part toutes les scènes créées lors de la phase de conception, et, d'autre part, l'échelle du temps absolu.



Le réalisateur peut, ainsi, tracer directement une fonction d'évolution associant à chaque instant une scène donnée.

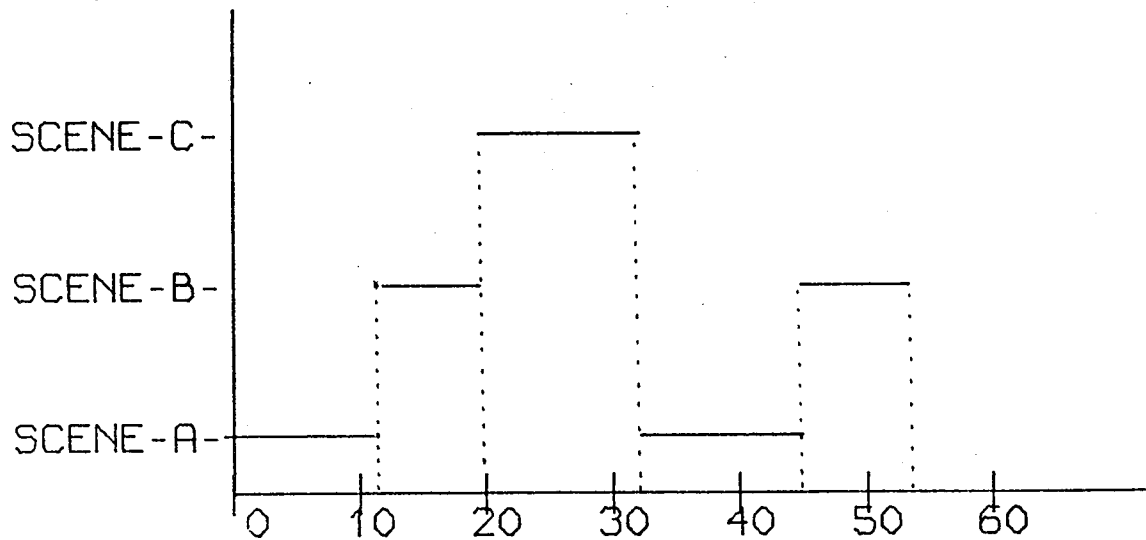


Figure 5.4 - (film de 5 séquences, 54 secondes de projection).

Il est à noter que cette fonction définit en une seule opération :

- le nombre de séquences,
- l'ordre d'enchaînement,
- la scène associée à chacune d'elles,
- la durée de projection.

Les scènes associées aux différentes séquences ainsi définies sont supposées (par défaut) soumises à l'évolution linéaire croissante.

3.2.2 - L'enchaînement des séquences

Le réalisateur peut, également, à l'aide du diagramme précédent, exprimer la manière dont vont s'enchaîner les différentes séquences. Trois possibilités sont offertes :

- fondu enchaîné de deux séquences,
- fondu au noir,
- enchaînement instantané.

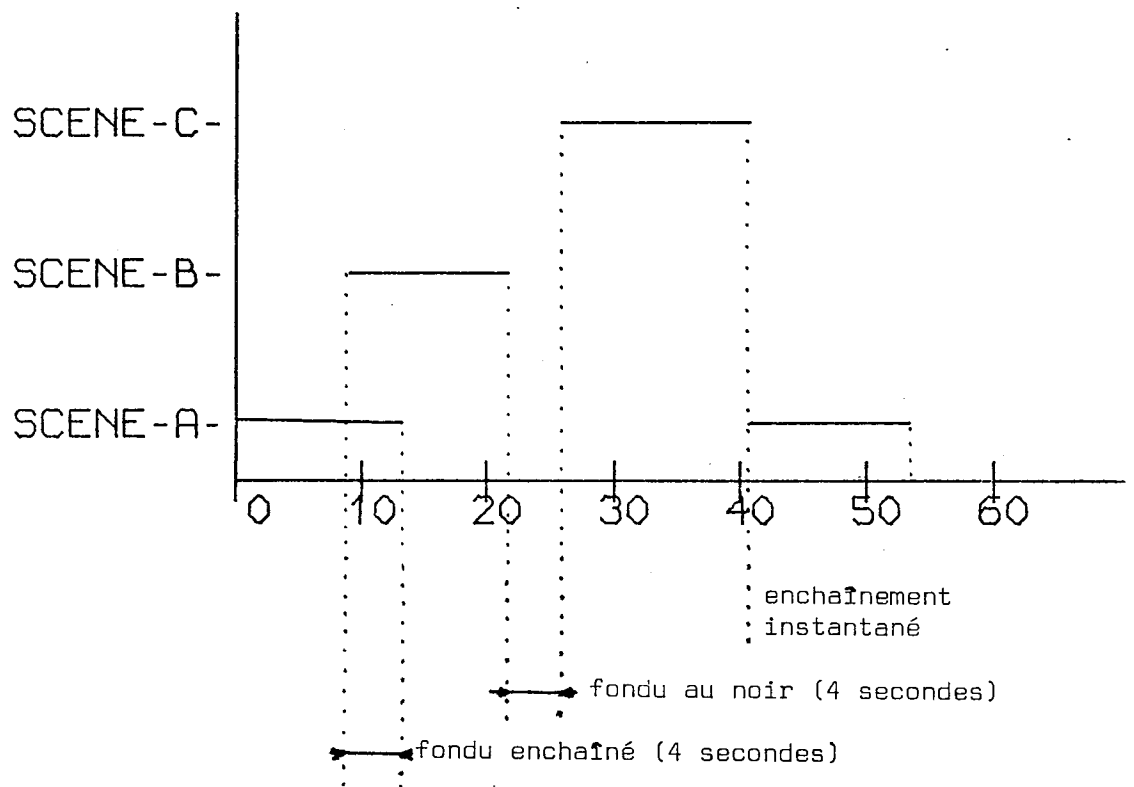


Figure 5.5 - Enchaînement des séquences

3.2.3 - La modification des séquences

Outre les modifications globales obtenues par la création d'un nouveau diagramme de description du film (changements des durées et des enchaînements) le réalisateur peut modifier les caractéristiques de chaque séquence.

Modification de la scène associée

Cette opération engagée par simple désignation sur le diagramme de description, du nom de la scène concernée, fait appel directement au contexte de *mise en scène*, abandonnant provisoirement celui de *réalisation du film*. Le réalisateur a tout loisir alors, de créer une nouvelle scène ou de modifier une scène existante (cf. V.4). Une copie de la scène ainsi décrite est associée automatiquement à la séquence traitée.

Modification de l'évolution

Cette opération engagée par l'utilisateur, en désignant sur le diagramme de présentation, le "palier" de la séquence concernée, provoque l'affichage sur l'écran, de la fonction d'évolution associée puis fait appel au contexte de *description d'animation*. L'animateur peut, en modifiant la fonction d'évolution, réaliser des ralentis, des accélérés, des coupures, des retours arrière, etc...

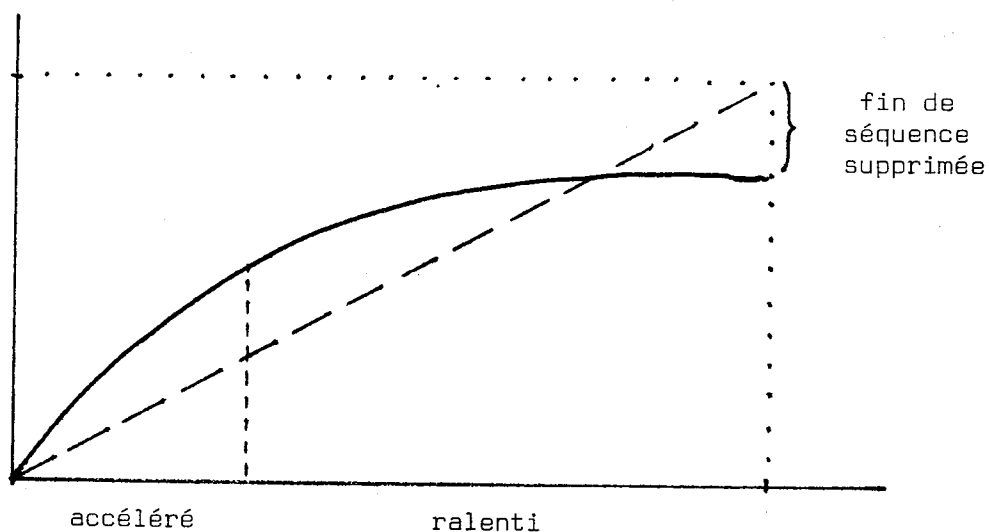


Figure 5.6

3.3 - Le visionnage

Le visionnage effectif du film est subordonné à une horloge absolue simulée dont chaque "top" provoque le passage d'une image à la suivante.

SAFRAN propose un certain nombre de commandes adressées à cette horloge.

3.3.1 - La mise à l'heure de l'horloge

Le réalisateur, pour cette opération, désigne sur le diagramme de description du film, l'instant à partir duquel le visionnage doit être effectué.

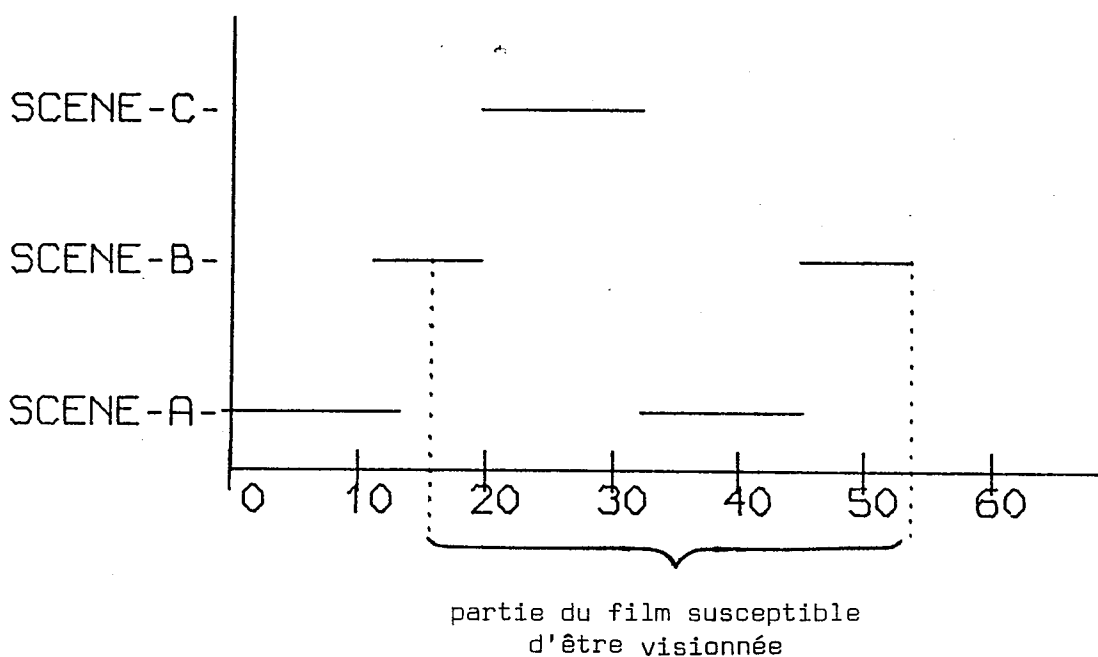


Figure 5.7

Cette commande provoque l'affichage de l'image associée à cet instant. Le réalisateur peut, par conséquent, l'utiliser pour examiner, rapidement, les grandes lignes de l'animation du film.

3.3.2 - Le défilement

- Détermination de la vitesse de défilement, c'est-à-dire du nombre de tops/seconde (il s'agit, bien entendu, de temps simulé). Le réalisateur peut, à l'aide de cette commande, préciser au système le nombre d'images/seconde nécessaires à la projection du film.

Ce nombre variable entre 1 et 24 est désigné directement sur le dessin ci-dessous, présenté sur l'écran.

.....
 1 6 12 18 24

Le choix de la vitesse de défilement permet notamment la conception de films "tous standards", et offre plusieurs degrés de précision (et de coût) pour une réalisation donnée. Le réalisateur peut, en effet, pour des séquences relativement lentes, choisir une vitesse de 8 images/secondes, puis photographier 3 fois chacune d'entre elles pour revenir au standard de 24 images/seconde. Cet artifice, largement employé dans l'animation traditionnelle, permet également, ici, un gain appréciable du temps de calcul au prix d'une perte de définition très acceptable. La vitesse de déplacement choisie par défaut par SAFRAN est de 12 images/seconde.

- défilement automatique . Le système est maître de la génération des tops.
- défilement manuel. Le réalisateur génère lui-même chaque top (en appuyant sur une touche). Ces deux dernières commandes provoquent, bien entendu, le défilement sur l'écran des images associées aux tops.
- Marquage des instants. Le réalisateur peut, au cours du visionnage, être amené à constater certaines anomalies. Il "marque" alors les instants concernés, en appuyant sur une touche. Ces marques pourront être visualisées sur les diagrammes des fonctions d'évolution de la scène incriminée (cf. V.6.4.2).

- Arrêt du défilement

Par cette commande, le réalisateur peut à tout instant arrêter le visionnage. A défaut, celui-ci prendra fin automatiquement à la fin du film.

4 - LA MISE EN SCENE INTERACTIVE

L'entrée dans ce contexte peut être provoquée par l'animateur lors de la *réalisation du film*, à l'occasion de la conception des entités ou de la modification d'une séquence.

Le catalogue des scènes, c'est-à-dire la liste des noms de toutes les scènes existantes, est présentée sur l'écran ainsi que les opérations disponibles : création, édition, réorganisation.

4.1 - La création d'une scène

Lorsque l'utilisateur désire créer une nouvelle scène, il introduit un nom de scène différent de tous les autres noms présents dans le catalogue, puis décrit les différents participants.

Cette description doit comprendre pour chaque participant :

- le nom attribué au participant,
- le nom de l'acteur utilisé,
- l'animation externe de cet acteur.

Après introduction du nom du participant, SAFRAN fait appel successivement :

- au contexte de *création d'acteurs* pour la sélection d'un acteur existant ou la création d'un nouveau (cf. V.5.1),
- au contexte de *description d'animation* pour l'animation externe de l'acteur choisi (cf. V.6.1).

Il est à noter que la caméra est incluse automatiquement au nombre des participants.

4.2 - L'édition d'une scène

Lorsqu'une scène a été désignée, dans le catalogue, pour être éditée, SAFRAN affiche sur l'écran de contrôle, la liste des participants qu'elle rassemble ainsi que le nom des acteurs engagés.

Exemple

<u>Nom du participant</u>	<u>Nom de l'acteur engagé</u>
BATEAU	BATEAU
MER	VAGUES
OISEAU-1	OISEAU
OISEAU-2	OISEAU

Le réalisateur dispose de quatre opérations applicables aux participants :

- création,
- modification,
- suppression,
- visionnage.

4.2.1 - La création d'un participant

Cette opération est identique à celle effectuée lors de la création de la scène (cf. V.4.1). Le nouveau participant est rajouté à la fin de la liste.

4.2.2 - La modification d'un participant

Après désignation, dans la liste, du participant à modifier, l'utilisateur dispose de deux opérations :

. Modification de l'acteur engagé

Le système fait alors appel au contexte *création d'acteurs* dans lequel l'utilisateur peut sélectionner un autre acteur, en créer un nouveau, ou, simplement, modifier celui qui est associé au participant en cours d'édition.

. Modification de l'animation externe

Le système fait appel pour cette opération au contexte de *description d'animation* pour l'introduction des fonctions appliquées au participant concerné.

4.2.3 - La suppression d'un participant

Après désignation d'un participant par l'utilisateur, le système supprime celui-ci de la liste présentée sur l'écran.

Cette opération soulève quelques problèmes, en particulier dans le cas où certains participants à la scène utilisent des domaines ou des fonctions d'évolution appartenant à celui qui est supprimé. Le système affecte alors à tous ces participants un domaine ou une évolution standard (cf. V.5.1.1).

4.2.4 - Le visionnage d'un participant

Le réalisateur peut, à l'aide de cette opération, visionner l'animation d'un participant afin de mieux apprécier les détails de son comportement. Ce visionnage n'est pas subordonné à l'horloge absolue comme dans le cas des séquences, mais à une horloge relative au temps local de la scène traitée (cf. IV.5.2).

L'utilisateur dispose néanmoins des mêmes commandes d'horloge :

- mise à l'heure,
- vitesse de défilement,
- défilement manuel/automatique,
- arrêt du défilement.

5 - LA CREATION D'ACTEURS

Ce contexte peut être invoqué lors de la conception des entités (*réalisation du film*) ou, directement, par le système lors de la création (ou de la modification) d'un participant (cf. V.4.1) dans le contexte de la *mise en scène*.

Le système SAFRAN présente sur l'écran de contrôle le catalogue des acteurs. Les opérations d'édition et de création d'acteurs sont étudiées ci-après.

5.1 - L'édition d'un acteur

Après désignation par l'utilisateur du nom de l'acteur à éditer, SAFRAN présente sur l'écran la liste de ses attributs ainsi que les différentes contraintes qui leur sont associées.

5.1.1 - La modification des contraintes

Chaque attribut est défini à l'aide d'un domaine et d'une fonction d'évolution dont la description peut être :

- omise "O",
- externe "E",
- interne "I",
- interne et standard "S",
- interne et fonction de l'évolution d'un autre attribut A_i "R_i".

5.1.1.1 - Spécification des contraintes

Le réalisateur peut, pour cette opération, spécifier les contraintes de chacun des attributs de l'acteur, en choisissant celles-ci parmi les listes ci-dessous :

- pour le domaine : O, E, I, S;
- pour l'évolution : O, E, I, S, R_1 .

Il est à noter que l'omission d'un domaine ou d'une fonction d'évolution est régie par les règles suivantes :

- (1) Cas d'un acteur associé à une trame régulière,
 - omission possible des seuls attributs :
position- p_1 , position- p_2 , orientation, taille, angle.
- (2) Cas d'un acteur associé à une trame quelconque,
 - omission systématique des attributs :
orientation, taille, angle.
- (3) L'omission du domaine entraîne l'omission de l'évolution.

Les descriptions standards

Le système SAFRAN fournit, pour la description de l'animation, des domaines et fonctions d'évolution standards (symbolisés par la lettre "S")

Domaines standards

positions : $\{(0,0)\}$ (une seule position possible)

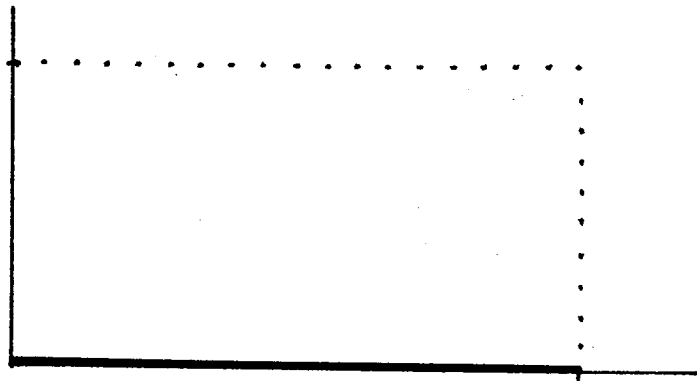
orientation : $\{0, 2\pi\}$

taille : $\{(1,1), (\text{max}, \text{max})\}$

angle : $\{\frac{\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}\}$
 plan : {plan d'avant-scène, plan de fond}
 état : {dessin-vide}

Fonction "standard"

La fonction standard est une fonction d'évolution constante et nulle, c'est-à-dire indiquant la première valeur du domaine.



Exemple -

Acteur destiné à être manipulé par ses trois points-guides et dont l'état dépend de l'évolution du point p_0 (réaction) : le plan est constant.

<u>Attribut</u>	<u>domaine</u>	<u>évolution</u>
position- p_0	E	E
position- p_1	E	E
position- p_2	E	E
orientation	O	O
taille	O	O
angle	O	O
plan	E	S
état	I	R_1

La modification des contraintes peut être effectuée en désignant, pour chaque attribut, un couple de lettres parmi celles autorisées. Le choix de la lettre "R" nécessite la désignation de l'attribut utilisé.

5.1.1.2 - Les contraintes globales

La méthode d'affectation ci-dessus permet la création d'un ensemble de contraintes élémentaires associées aux attributs d'un acteur. Celles-ci définissent en quelque sorte une contrainte globale appliquée à l'acteur dans son ensemble. L'animateur est appelé, au cours de la réalisation d'un film, à manipuler plusieurs acteurs possédant les mêmes contraintes globales. Il est alors fastidieux de redéfinir celles-ci pour chacun d'eux.

SAFRAN propose à l'animateur un outil lui permettant de réutiliser une contrainte globale précédemment définie.

L'utilisateur peut affecter toutes les contraintes d'un acteur (A) à un acteur (B) en cours d'édition, en désignant simplement dans le catalogue présenté sur l'écran, le nom de l'acteur (A).

Le système fournit, en outre, à l'animateur des acteurs prédéfinis possédant des contraintes globales types, qu'il peut référencer au même titre que les autres. L'affectation d'une contrainte globale s'effectue ainsi dans tous les cas par la désignation d'un nom d'acteur.

Exemple - L'acteur "décor".

<u>Attribut</u>	<u>Domaine</u>	<u>Evolution</u>
position-p ₀	E	E
position-p ₁	O	O
position-p ₂	O	O
orientation	S	S (orientation cte et nulle)
taille	E	S (taille constante)
angle	S	S (angle constant et = $\frac{\pi}{2}$)
plan	E	S (plan constant)
état	I	S (état constant)

La simple désignation du nom "décor" dans la liste présentée provoque l'association à l'acteur édité des contraintes élémentaires ci-dessus.

Le catalogue d'acteurs fait ainsi office de catalogue de contraintes que l'utilisateur peut indirectement, enrichir, gérer, consulter.

Exemples de contraintes globales :

- La roue:

- . elle est manipulée par son seul centre,
- . l'orientation est liée à la position du centre,
- . la taille, l'angle et l'état sont constants.

- La bielle:

- . elle est manipulée par ses deux articulations : p_0, p_1 ,
- . p_0 est assujetti à une trajectoire et une évolution,
- . p_1 est assujetti à une trajectoire (pas d'évolution),
- . la taille, l'angle et l'état sont constants,
- . l'orientation est déduite par le système (cf. VI.5).

5.1.2 - La modification de l'animation interne

Cette phase est appelée, automatiquement, par le système lorsqu'il y a eu modification des contraintes, ou sur demande de l'animateur pour mise à jour des domaines et fonctions d'évolution associés aux attributs de l'acteur.

L'exécution de cette opération est, en fait, confiée au contexte *description d'animation* qui, cette fois-ci, traite de l'animation interne des acteurs.

Il est à noter que cette opération permet, également, la modification des dessins et de la trame associés aux états de l'acteur (cf. V.6.3.3).

5.2 - La création d'un acteur

Cette opération s'effectue en deux temps :

- création d'un "acteur-standard",
- appel de la phase d'édition décrite ci-dessus.

L'acteur-standard est défini à l'aide de l'ensemble de contraintes prédé-
ci-dessous :

(E.S; O.O; O.O; S.S; S.S; S.S; E.S; S.S)

Cet ensemble définit un acteur ne possédant aucun dessin représenta-
tif et inanimable (toutes les évolutions sont imposées et constantes).

6 - LA DESCRIPTION DE L'ANIMATION

Ce contexte, invoqué par le système lors de la *réalisation du film* et de la *mise en scène* (pour l'animation externe); et lors de la *création d'acteurs* (pour l'animation interne), est en fait, piloté intégralement par l'entité, acteur ou scène, qu'il doit décrire.

6.1 - L'animation externe

Nous ne traiterons ici que de l'animation d'acteur, celle de la scène, réduite à sa plus simple expression (une fonction d'évolution), étant incluse dans ce cas plus général.

La description de l'animation externe d'un acteur s'effectue attribut par attribut, en examinant les contraintes associées au domaine, puis à l'évolution (cf. V.5.1).

(1) Domaine

E	→	introduction d'un domaine
O	→	aucune action
S	→	aucune action
I	→	aucune action

(2) Evolution

E	→	introduction d'une fonction d'évolution
O	→	aucune action
S	→	aucune action
I	→	aucune action
R _i	→	aucune action

6.2 - L'animation interne

Dans le cas de l'animation interne, le traitement s'effectue également attribut par attribut, en fonction des contraintes du domaine et de l'évolution.

(1) Domaine

E	→	aucune action
O	→	aucune action
S	→	affectation automatique du domaine standard (aucune introduction)
I	→	introduction d'un domaine

(2) Evolution

E	→	aucune action
O	→	aucune action
S	→	affectation automatique de l'évolution standard (aucune introduction)
R _i	→	introduction d'une fonction d'évolution

6.3 - L'introduction d'un domaine

L'introduction d'un domaine peut revêtir trois aspects selon qu'il s'agit d'un domaine statique , dynamique, ou du domaine de l'attribut *état*.

6.3.1 - Les domaines statiques

Un domaine statique, c'est à dire invariant au cours de l'animation, est introduit sous la forme d'un relevé. On se reportera au paragraphe IV.1.3.2 où des exemples de domaines ont été donnés.

6.3.2 - Les domaines dynamiques (cf. IV.3.3.1).

Utilisables dans le seul cas de l'animation externe, les domaines dynamiques sont définis en deux temps :

- sélection d'un participant et affichage de son état initial,
- sélection dans le dessin affiché du relevé à utiliser comme domaine.

Exemple -

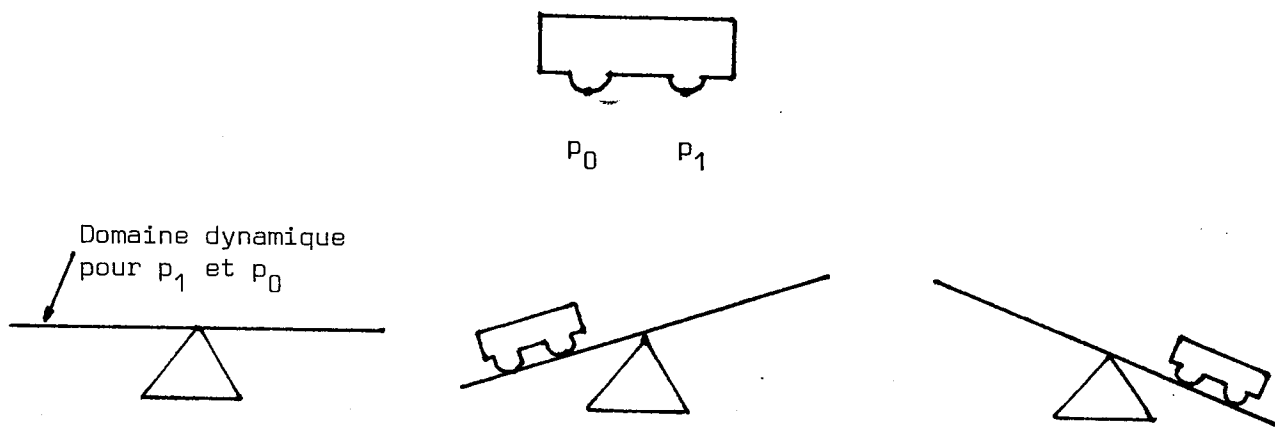


Figure 5.8

6.3.3 - Cas de l'attribut "état"

Dans le cas de l'attribut "état", le domaine d'évolution à définir n'est pas un simple relevé mais un ensemble de dessins exprimés dans un même repère. Cette opération fait appel au contexte *création de dessins* qui se charge de la récupération des dessins associés aux différents états.

Ceux-ci sont affichés successivement sur l'écran, au fur et à mesure de leur récupération permettant, ainsi, une mise en place rigoureuse des différentes étapes du mouvement.

Exemple -

Les trois étapes d'un acteur "oiseau".

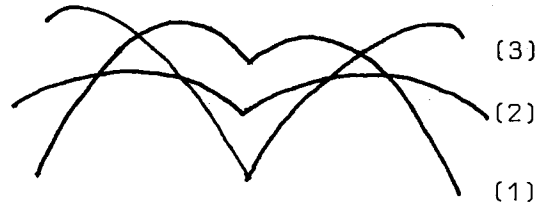
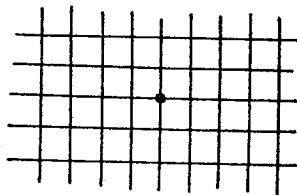


Figure 5.9

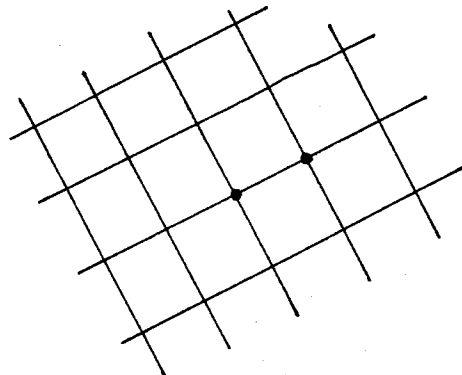
L'animateur peut, également, lors de cette phase affecter à l'acteur une nouvelle trame en désignant les positions de ses noeuds.

L'utilisateur peut désigner, éventuellement :

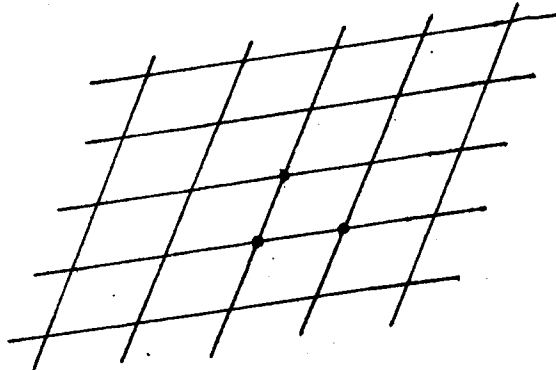
. un noeud unique : la trame régulière déduite est composée par défaut de mailles carrées unitaires,



. deux noeuds : la trame régulière déduite est composée de mailles carrées,



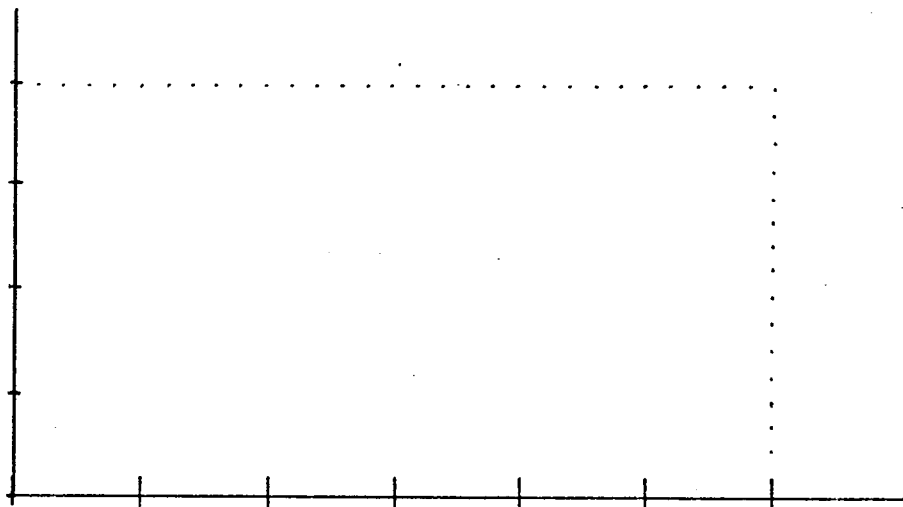
. trois noeuds,



Dans le cas des trames quelconques, le dessinateur doit désigner tous les noeuds.

6.4 - L'introduction d'une fonction d'évolution

Pour faciliter cette opération, le système affiche sur l'écran les axes de coordonnées gradués, ainsi que les limites correspondant à la première et à la dernière valeur du domaine (cf. exemples précédents).



Remarque -

Le système veille également à ce que le relevé introduit corresponde bien à une fonction (une seule valeur de l'évolution pour une valeur donnée du temps), et qu'elle soit définie pour tout l'intervalle.

6.4.1 - La superposition des fonctions d'évolution

Dans le cas de l'animation externe, l'animateur peut également afficher, sur ce diagramme, une fonction d'évolution de l'un des participants de la scène, afin de s'en inspirer lors de l'introduction (cf. IV.5.2.1).

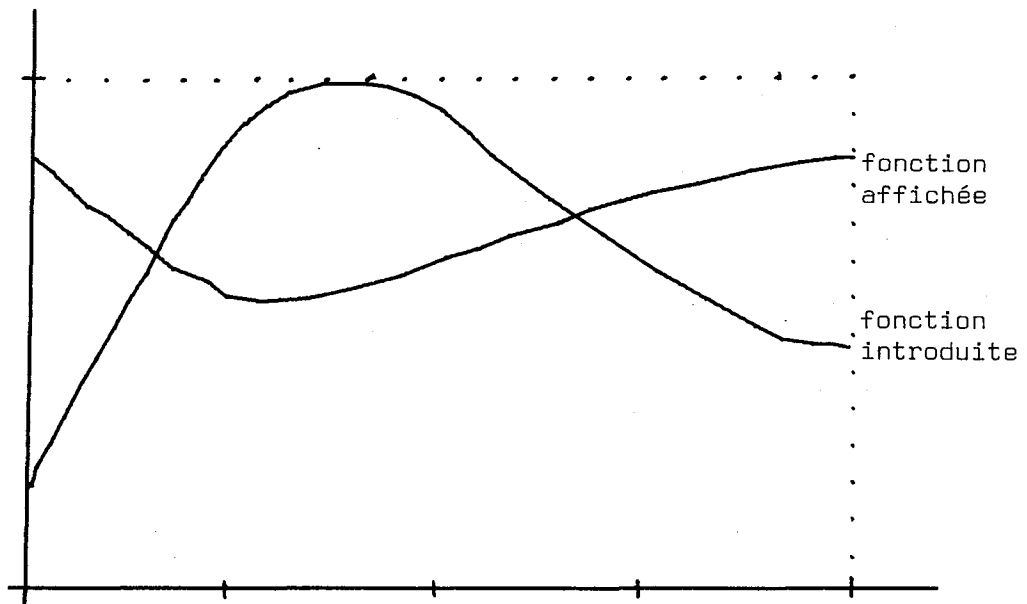


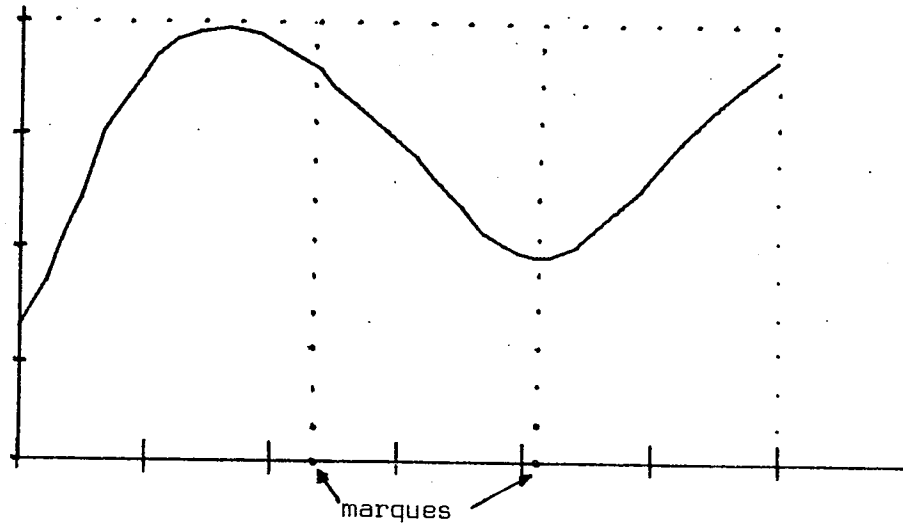
Figure 5.10

6.4.2 - La présentation des instants marqués

Lors du visionnage d'une séquence ou d'un participant, le réalisateur peut "marquer" certains instants importants (cf. IV.6.2).

Le système peut, sur demande de l'utilisateur, matérialiser ces marques

lors de l'introduction d'une fonction d'évolution.



Les renseignements fournis par ces marques permettent, notamment, d'exprimer le comportement d'un acteur à l'instant précis d'un choc, les collisions d'acteurs, etc...

6.4.3 - L'évolution des états

Dans le cas de l'attribut *état*, l'animateur, outre la fonction d'évolution, peut donner au système certaines directives concernant le passage d'un état à l'autre. Les différentes topologies des dessins décrivant les états d'un acteur permettent, en effet, d'envisager plusieurs types de transformations parmi lesquelles l'animateur peut choisir. Les outils associés à cette opération sont étudiés en détail en VI.4.

7 - LA CREATION DES DESSINS

Ce contexte est invoqué lors de la *réalisation du film* à l'occasion de la conception des entités, ou lors de la *déscription d'animation* pour la définition des états et de la trame.

7.1 - La présentation du catalogue

Le système présente sur l'écran de contrôle le catalogue des dessins.

Cette présentation peut revêtir deux aspects :

- Affichage de la liste des noms affectés aux différents dessins,
- Affichage des dessins eux-mêmes.

Cette deuxième méthode, si elle procure une plus grande information à l'utilisateur, du fait de la vision directe, limite considérablement le nombre de dessins présentés simultanément sur l'écran. Elle doit alors s'accompagner d'outils permettant de "feuilleter" le catalogue en faisant défiler successivement sur l'écran des groupes de dessins. L'utilisateur arrête ce défilement en désignant celui qui l'intéresse.

7.2 - L'édition d'un dessin

La désignation d'un dessin provoque son affichage sur l'écran, c'est-à-dire la présentation des relevés qui lui sont associés. Le dessinateur peut alors modifier, créer, ou réorganiser ces différents relevés.

Il convient de noter que la sélection d'un relevé s'effectue directement sur le dessin en désignant son trait représentatif.

7.2.1 - La modification des relevés

Cette opération conduit au remplacement pur et simple des relevés désignés par le dessinateur. L'introduction des nouveaux relevés est effectuée à l'aide de la fonction de base "collecte d'un relevé" décrite en V.1.2.1.

Exemple -

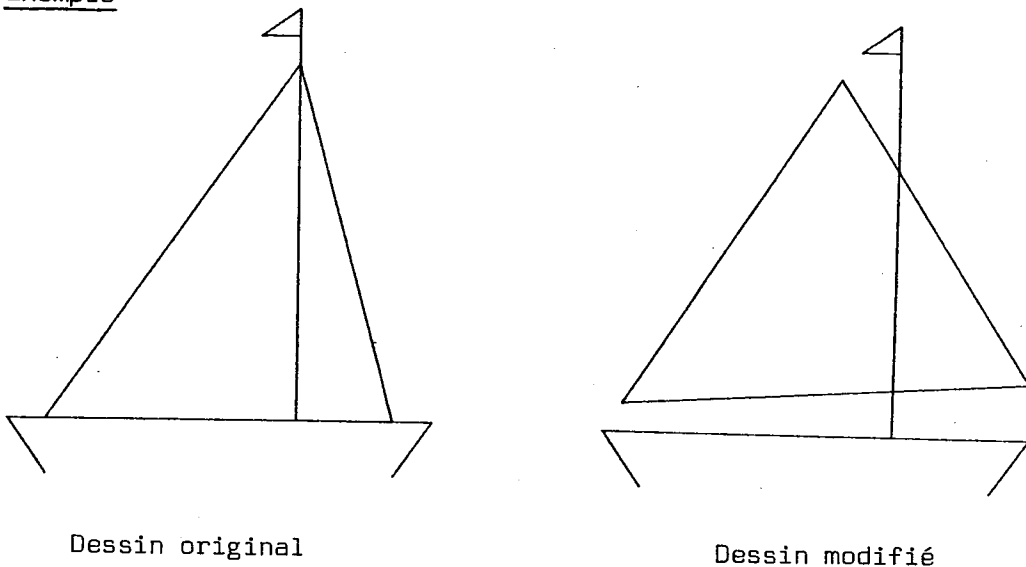


Figure 5.11

7.2.2 - L'insertion d'un relevé

Les nouveaux relevés créés doivent pouvoir être insérés dans le dessin de façon à respecter l'ordre imposé par celui-ci. Il est rappelé que cet ordre détermine une relation de visibilité entre les différents relevés (cf. IV.1.3.1). L'opération de création utilise la fonction de base "collecte d'un relevé".

7.3 - La création d'un dessin

Après attribution (éventuelle) d'un nom au dessin, l'utilisateur introduit successivement les relevés nécessités par celui-ci. Ces relevés sont affichés sur l'écran de contrôle au fur et à mesure de leur création, en respectant toutes leurs caractéristiques (couleur, transparence, etc...).

CHAPITRE VI

L'IMPLEMENTATION DES MECANISMES DE BASE

1 - L'INFLUENCE DU MATERIEL

Nous étudierons dans ce paragraphe l'influence du matériel sur la réalisation des fonctions de base du dialogue et de l'affichage.

1.1 - Les différentes configurations

La figure 6.1 représente la configuration minimale exigée par le système.

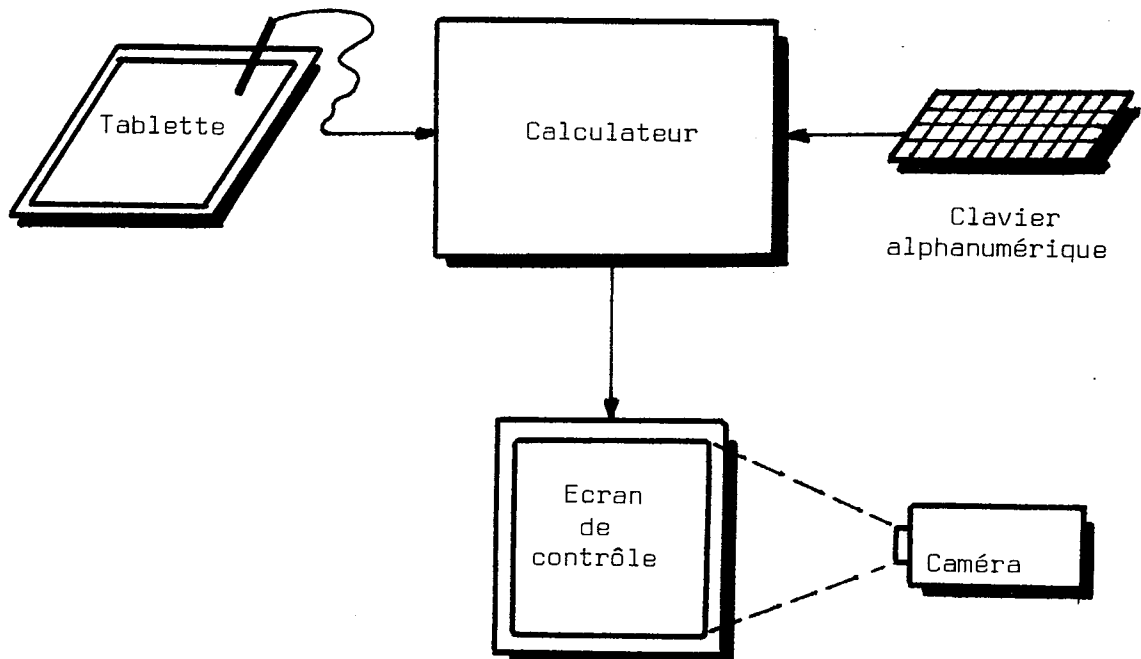


Figure 6.1

On peut faire, à propos de cette configuration, les remarques suivantes

- L'animateur s'adresse au système grâce à la tablette et au clavier alphanumérique.
- Le système répond par l'intermédiaire de l'écran de contrôle.

1.1.1 - Le dialogue

A cette configuration de base peuvent venir se greffer un certain nombre de dispositifs de dialogue répartis en deux classes distinctes :

- Les claviers de fonctions dont les touches peuvent être associées par le système à des actions spécifiques mises à la disposition de l'animateur. Dans la plupart des cas, les touches peuvent, également, être allumées par programme offrant ainsi une voie de communication système-animateur supplémentaire.
- Les dispositifs de désignation, couplés à la console de visualisation, permettent une mise en oeuvre aisée des menus par simple désignation sur l'écran de contrôle de l'objet désiré. Les outils de désignation dépendent du type de la console de visualisation à laquelle ils sont couplés. Nous donnons ci-dessous, pour chaque type de console, les moyens de désignation disponibles.
- Console à mémoire d'entretien (balayage cavalier)

La désignation se fait directement sur l'écran à l'aide d'un photostyle.

- Console à tube-mémoire.

La désignation est possible à l'aide d'un réticule ou d'un manche à

balai permettant de récupérer les coordonnées d'un point sur l'écran (le système ayant alors à charge d'en déduire l'objet désigné).

- Console à mémoire de points (balayage télévision)

La console ne fournit aucun moyen de désignation directe sur l'écran. Néanmoins, le logiciel peut permettre à l'utilisateur de désigner des objets grâce à la tablette, en récupérant comme dans le cas des consoles à tube-mémoire, les coordonnées d'un point.

La figure ci-dessous représente les voies d'échange entre l'animateur et le système dans le cas d'une configuration complète.

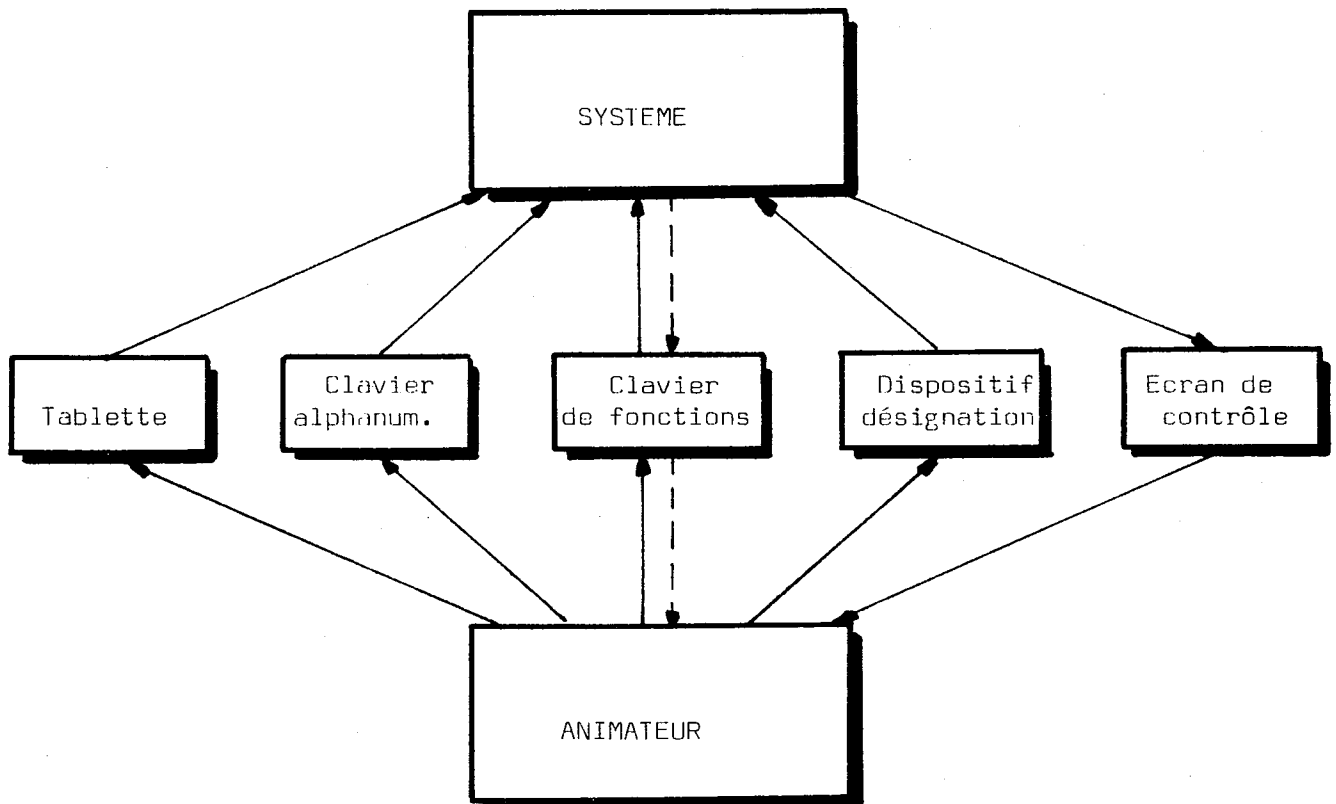


Figure 6.2

1.1.2 - L'affichage

Le type de console utilisé détermine également la nature et la complexité des dessins affichables.

- Consoles à mémoire d'entretien

Ce type de console permet l'affichage de 1000 à 4000 points ou lignes, avec possibilité de couleurs ou de luminosités différentes. Le coloriage de surfaces est pratiquement impossible.

- Consoles à tube-mémoire

Autorisant l'affichage de (1024 x 1024) points, ces consoles permettent le coloriage de surfaces à l'aide de plusieurs luminosités. Toutes ces consoles sont monochromes.

- Consoles à mémoire de points

D'une capacité d'affichage moindre que dans le cas des tubes-mémoires, ce type de console offre de grandes facilités de coloriage à l'aide de l'ensemble des couleurs du spectre visible (trichromie), et permet une détermination aisée des parties visibles ou semi-visibles.

Remarque - Les consoles offrant les plus grandes possibilités du point de vue de l'affichage sont les plus démunies du point de vue des outils de désignation.

Il faut, cependant, noter que, si le logiciel peut dans le cas du dialogue, pallier à la pauvreté du matériel, il n'en est pas de même au niveau de l'affichage où certains problèmes sont alors insolubles. Il est, par con-

séquent, plus intéressant de disposer, pour une application comme celle-ci, d'une console à mémoire de points. Les problèmes posés par la détermination des parties visibles ou semi-visibles, imposent d'autre part, une simulation interne de la mémoire de points, dans le cas où celle-ci fait défaut (cf. VI.1.2.2).

1.2 - La réalisation des fonctions de base

Nous étudions, dans ce chapitre, la réalisation des fonctions de base du dialogue et de l'affichage en fonction du matériel disponible.

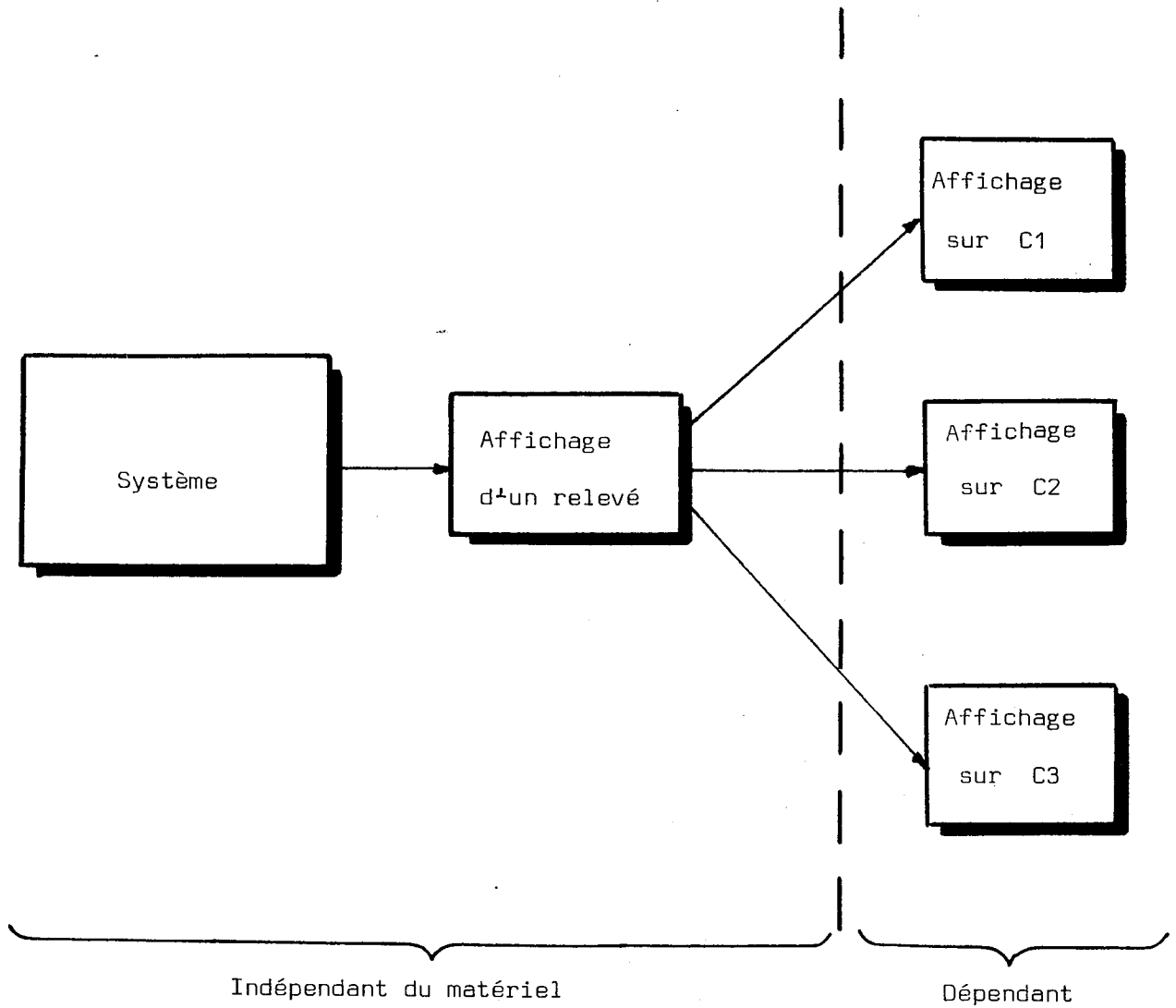
Quatre fonctions sont à distinguer :

- collecte d'un relevé,
- introduction d'un nom,
- menu,
- affichage d'un relevé.

L'indépendance du système vis-à-vis du matériel peut être obtenue si l'on dispose, pour chaque configuration possible de ces quatre fonctions de bases (26).

La figure ci-dessous représente le cas de la commande "affichage d'un relevé" émise par le système et exécutée différemment selon la configuration utilisée (C_1, C_2, C_3).

Figure 6.3



La réalisation de la collecte de relevés et de l'introduction de noms nécessitant dans tous les cas une tablette et un clavier alphanumérique, ne pose guère de problèmes d'indépendance. Seules, les fonctions "menu" et "affichage" seront évoquées.

1.2.1 - Le menu

Cette fonction comporte deux opérations successives :

- le système présente les listes d'objets disponibles,
- l'utilisateur désigne les objets qu'il désire sélectionner.

. Présentation des objets par le système

Deux solutions sont envisageables :

- Affichage direct des objets sur l'écran.
- Affichage des touches autorisées du clavier de fonctions. L'utilisateur doit disposer, dans ce cas-là, d'une fiche de correspondance entre ces touches et les objets à choisir.

. Choix de l'utilisateur

Ce choix peut, également, revêtir plusieurs aspects selon les configurations :

- Désignation directe de l'objet sur l'écran, à l'aide du dispositif de désignation disponible (photostyle, réticule, manche à balai, etc..)
- Appui sur les touches éclairées du clavier de fonctions.
- Introduction à l'aide du clavier alpha-numérique du nom ou du numéro de l'objet désiré.
- Désignation sur la tablette, d'une zone réservée à cet effet et associée à l'objet désiré. L'utilisateur peut, dans ce cas, disposer sur la tablette, une feuille de papier sur laquelle sont représentés, dans leurs zones correspondantes, les objets à sélectionner.

Il est à noter que ces trois dernières réponses sont les seules envisageables avec une console à balayage télévision.

1.2.2 - L'affichage

L'affichage est effectué en deux temps :

- remplissage d'une mémoire de points, avec les informations relatives aux différents relevés à afficher,
- analyse et affichage sur l'écran, des informations contenues dans la mémoire.

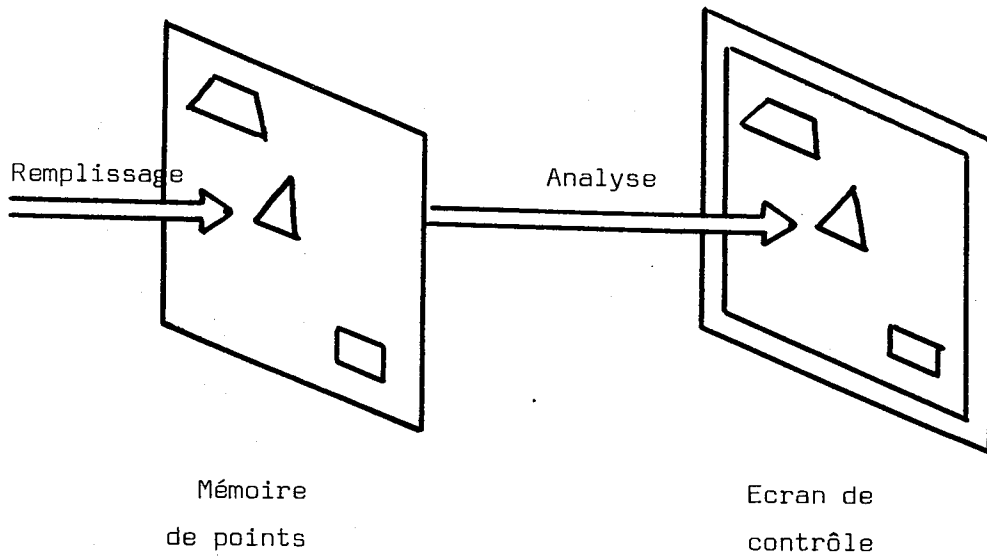


Figure 6.4

Remarques -

(1) Cas des consoles à mémoire d'entretien ou à tube-mémoire.

- La mémoire de points fait partie du système (mémoire centrale ou secondaire).

- . Le remplissage et l'analyse sont à la charge du système.

(2) Cas des consoles à mémoire de points.

- . La mémoire de points fait partie de la console.

- . Seul le remplissage est à la charge du système.

2 - LES RELEVES ET LEURS CARACTERISTIQUES

2.1 - Représentation interne

La collecte d'un relevé fournit les renseignements suivants (cf. IV.1).

- Coordonnées des points de la section associée
- Vitesse de tracé
- Type de la section
- Couleur
- Transparence.

Nous examinerons dans ce paragraphe, la représentation interne adoptée pour ces différentes caractéristiques.

2.1.1 - La section

Sa représentation peut revêtir deux aspects en fonction du mode d'échantillonnage choisi.

A) Echantillonnage des points à intervalles de temps réguliers

Cette méthode présente deux avantages :

- . Gain d'espace mémoire appréciable (la vitesse de tracé est implicite)
- . Détermination aisée des mouvements avec fonction d'évolution implicite

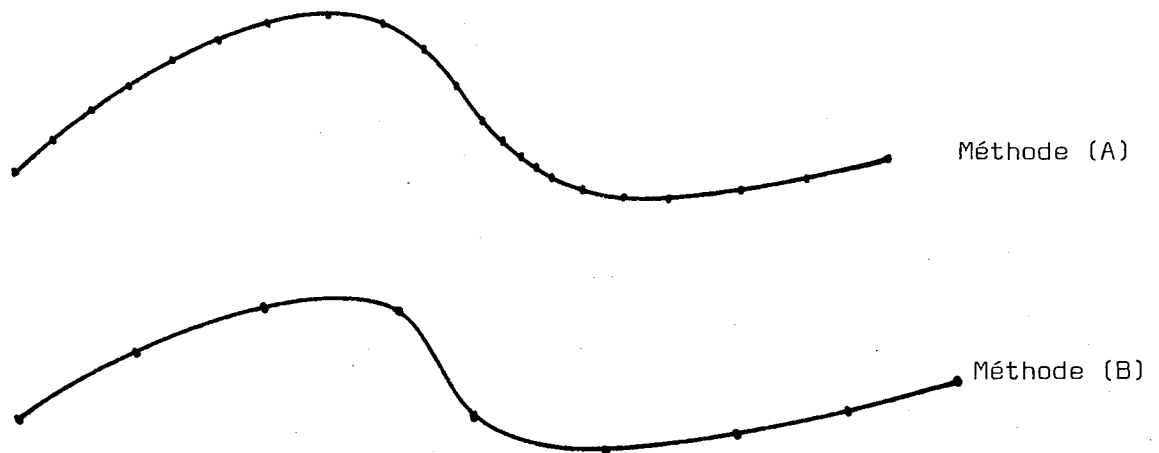
et deux inconvénients :

- . La régularité des dessins dépend de la vitesse de tracé

. L'utilisation d'un relevé comme trajectoire nécessite à chaque instant un calcul important.

B) Echantillonnage de points régulièrement espacés avec relevé de la vitesse de tracé

Cette seconde méthode présente les avantages et inconvénients inverses de ceux de la précédente. Il est à noter qu'elle peut, également, conduire à un gain d'espace mémoire dans le cas de tracés très lents, en minimisant le nombre de points relevés.



Nous emploierons cette seconde méthode qui offre, en outre, la possibilité d'ajuster la précision des relevés en modulant l'espacement e des points.

Le choix de e résulte d'un compromis entre l'espace mémoire nécessaire au stockage des sections et la précision souhaitée.

- Représentation d'une section S

A chaque point $p_i \in S$ on associe un quadruplet :

$$p_i = (x_i, y_i, t_i, a_i)$$

- (x_i, y_i) sont les coordonnées du point P_i exprimées en entiers dans le repère écran.
- t_i est l'heure (exprimée en $\frac{1}{100}$ de seconde, par rapport à l'heure de début de tracé), à laquelle le point P_i a été introduit.
- a_i est l'angle de la droite joignant P_i à l'origine du repère, par rapport à l'horizontale.

Les points de la section vérifient les propriétés suivantes :

$$(1) t_0 = 0$$

$$(2) \forall 0 \leq i \leq n \quad -\pi \leq a_i \leq \pi$$

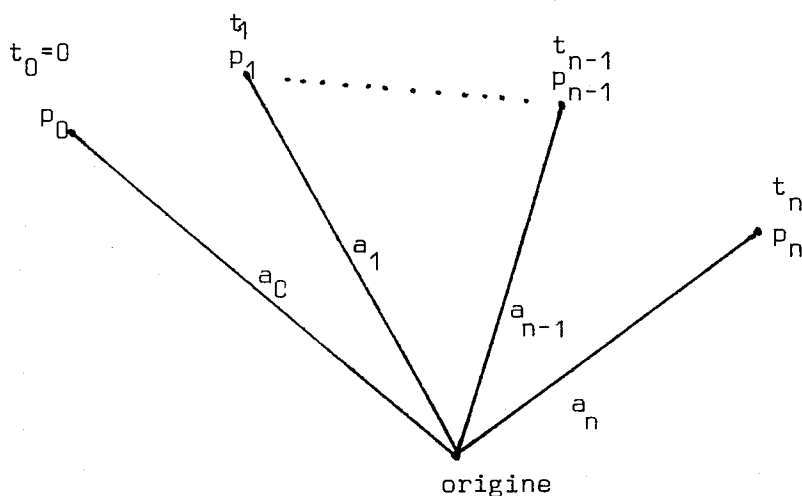
$$a_i = \begin{cases} \text{Arc tg} \left(\frac{y_i}{x_i} \right) - \pi & \text{si } x_i < 0 \text{ et } y_i < 0 \\ \text{Arc tg} \left(\frac{y_i}{x_i} \right) + \pi & \text{si } x_i < 0 \text{ et } y_i \geq 0 \\ \text{Arc tg} \left(\frac{y_i}{x_i} \right) & \text{si } x_i \geq 0 \end{cases}$$

$$(3) \forall 0 \leq i \leq n-1$$

$$\cdot t_{i+1} > t_i$$

$$\cdot d(p_i, p_{i+1}) = e$$

où $d(p_i, p_{i+1})$ représente la distance du point p_i au point p_{i+1} .



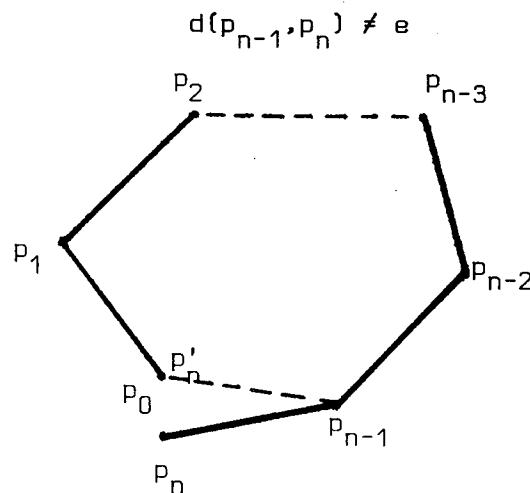
2.1.2 - Type de la section

Le système peut effectuer la fermeture automatique d'une section.
 Cette opération est engagée lorsque :

$$d(p_0, p_n) < \frac{\epsilon}{2}$$

Le point p_n est alors déplacé en p'_n tel que $p'_n = (x_0, y_0, t_n, a_0)$.

On notera que cette opération implique, dans la plupart des cas



2.1.3 - La couleur et la transparence

A) L'information de couleur (et de luminosité) peut être représentée à l'aide de trois coefficients d'intensités r, v, b associés aux trois couleurs primaires : rouge, vert, bleu.

Ces trois coefficients d'intensités varient entre 0 (intensité nulle de la couleur associée) et 1 (intensité maximum de cette couleur).

Toutes les couleurs du spectre visible peuvent être reconstituées, grâce au pouvoir d'intégration de l'oeil, à partir de ces trois couleurs primaires.

Soit \mathcal{C} l'ensemble des couleurs (R, V, B) les trois couleurs primaires.
 $R \in \mathcal{C}$, $V \in \mathcal{C}$, $B \in \mathcal{C}$.

$\forall C \in \mathcal{C} \quad \exists (r, v, b) \in \mathbb{R}^3$ tel que

$$C = r.R + v.V + b.B$$

(Première loi de Grassmann).

Si, d'autre part, on fait varier dans un rapport α les intensités de R, V, B, on obtient la même couleur C dont le rapport d'intensité avec la précédente est α .

$\forall \alpha \in \mathbb{R}$

$$\alpha.C = (\alpha.r).R + (\alpha.v).V + (\alpha.b).B$$

(Deuxième loi de Grassmann)

Nous représenterons donc les couleurs à l'aide des trois coefficients d'intensités

$$C = (r, v, b).$$

B) La transparence peut, quant à elle, être exprimée simplement à l'aide d'un coefficient de transparence t variable entre 0 (opacité complète) et 1 (transparence totale).

On peut ainsi exprimer l'aspect d'un relevé, à l'aide des quatre coefficients ci-dessus :

$$\text{Aspect} = (r, v, b, t).$$

Remarque -

Dans le cas des consoles monochromes, l'aspect peut être exprimé par deux coefficients seulement :

$$\text{Aspect} = (i, t)$$

où i représente l'intensité du faisceau.

2.2 - L'association d'une trame

Lorsque l'animateur associe une trame aux différents dessins décrivant les états d'un acteur, le système exprime alors tous ces dessins dans le nouveau repère ainsi défini. Il s'agit, par conséquent, de transformer les coordonnées des points des sections associées aux relevés composant les différents dessins.

Cette opération, qui n'a aucun effet sur le type de la section, la vitesse de tracé et l'aspect du relevé, revêt deux aspects différents selon qu'il s'agit d'une trame régulière ou d'une trame quelconque.

Soit S la section étudiée,

p un point quelconque de S

$$p \in S, \quad p = \begin{vmatrix} x \\ y \end{vmatrix}$$

2.2.1. - Trame régulière

L'association d'une trame régulière équivaut à un simple changement d'origine et de base dans l'espace \mathbb{R}^2 .

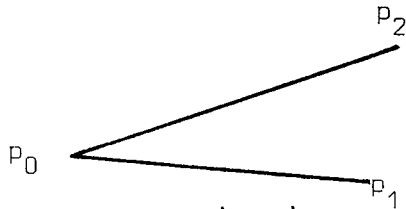
Soient

$$p_0 = \begin{vmatrix} x_0 \\ y_0 \end{vmatrix}, \quad p_1 = \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \end{vmatrix}, \quad p_2 = \begin{vmatrix} x_2 \\ y_2 \end{vmatrix}$$

les trois points-guides de la trame.

Toutes ces coordonnées sont exprimées dans le repère-écran (base canonique).

(p_0, p_1, p_2) définit une nouvelle base de la manière suivante :



Soit à déterminer $p = \begin{vmatrix} x' \\ y' \end{vmatrix}$ coordonnées du point p dans cette nouvelle base.

$$\text{Soient } \begin{vmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 - x_0 \\ y_1 - y_0 \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{vmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_2 - x_0 \\ y_2 - y_0 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} x' \\ y' \end{vmatrix} = \frac{1}{X_1 Y_2 - X_2 Y_1} \begin{vmatrix} Y_2 & -X_2 \\ -Y_1 & X_1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \end{vmatrix}$$

Il convient de noter que cette opération n'intervient qu'une seule fois, lors de l'association de la trame. D'autre part, les coordonnées des points-guides n'ont pas besoin d'être conservées par le système, étant implicitement connues :

$$p_0 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad p_1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix} \quad p_2 = \begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$$

2.2.2 - Trame quelconque

L'association d'une trame quelconque à un dessin peut, également, être assimilée à la donnée d'un repère. Chaque maille correspondant à une progression de une unité dans les deux directions. On peut alors associer des coordonnées relatives à chaque noeud de la maille, comme l'indique la figure ci-dessous.

Exemple -

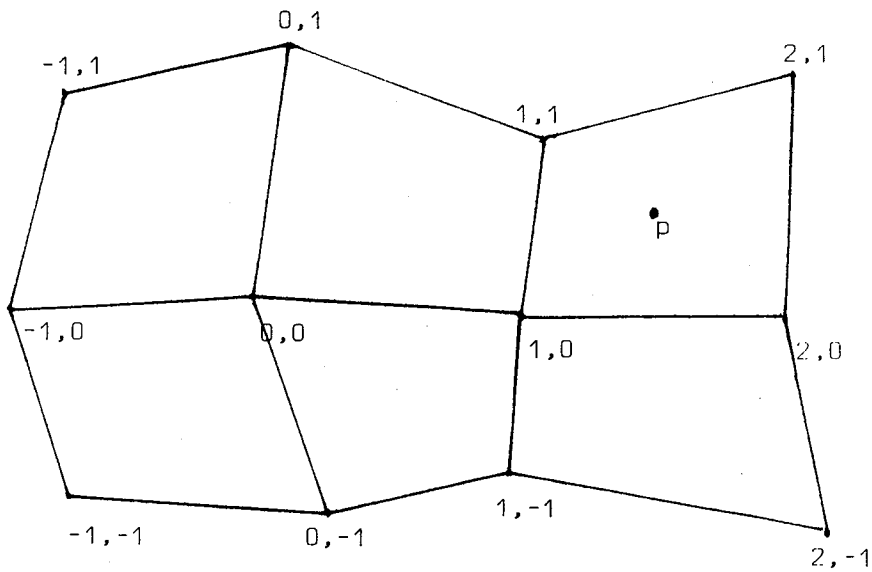


Figure 6.5

Il est clair que si l'on cherche à exprimer les coordonnées (x, y) du point p dans ce repère, on aura

$$1 < x < 2 \quad \text{et} \quad 0 < y < 1$$

Il suffit, par conséquent, de savoir exprimer ces coordonnées (e, w) par rapport aux coordonnées des quatre noeuds de la maille qui contient ce point p .

La méthode présentée ci-après a été exposée par N. Burtnyk et M. Wein

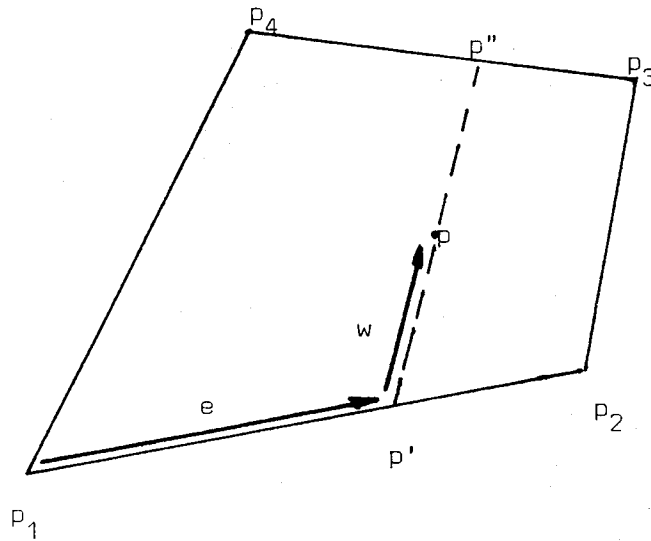


Figure 6.6

Les coordonnées absolues des points p_1, p_2, p_3, p_4 sont données par l'utilisateur lors de la désignation des noeuds.

$$p_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} ; \quad p_2 = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} ; \quad p_3 = \begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \end{bmatrix} ; \quad p_4 = \begin{bmatrix} x_4 \\ y_4 \end{bmatrix}$$

Soit à déterminer

$$p' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad p'' = \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \end{bmatrix}$$

$$(1) \quad p' = p_1 + e(p_2 - p_1)$$

$$p'' = p_3 + e(p_4 - p_3)$$

Equation de la droite (p'-p'') passant par p.

$$(2) \quad \frac{x-x''}{y-y''} = \frac{x-x'}{y-y'}$$

soit en remplaçant (x',y') et (x'',y'') par leurs valeurs déduites de (1)

$$\frac{(x-x_3) - e(x_4-x_3)}{(y-y_3) - e(y_4-y_3)} = \frac{(x-x_1) - e(x_2-x_1)}{(y-y_1) - e(y_2-y_1)}$$

ou encore

$$(BH-DF)e^2 + (CF+DE-AH-BG)e + (AG-CE) = 0$$

$$A = x - x_1$$

$$E = x - x_3$$

$$B = x_2 - x_1$$

$$F = x_4 - x_3$$

$$C = y - y_1$$

$$G = y - y_3$$

$$D = y_2 - y_1$$

$$H = y_4 - y_3$$

La racine exprimant la valeur de e qui nous intéresse, est comprise entre 0 et 1, l'autre racine est négative ou supérieure à 1.

On peut alors exprimer w :

$$w = \frac{x-x'}{x''-x'}$$

$$w = \frac{A - Be}{(A-E) - (B-F)e}$$

On a ainsi déterminé (e,w), coordonnées relatives de p, à partir des coordonnées absolues (x,y), telles que :

$$0 \leq e \leq 1$$

$$0 \leq w \leq 1$$

Les coordonnées de p dans la trame complète sont :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e \\ w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ w_1 \end{pmatrix}$$

où $\begin{pmatrix} e_1 \\ w_1 \end{pmatrix}$ sont les coordonnées relatives de P_1

$$e_1 \in \mathbb{N}$$

$$w_1 \in \mathbb{N}$$

3 - LES DIFFERENTES INTERPRETATIONS DES RELEVES

3.1 - Les éléments de dessin

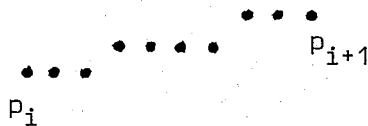
Un relevé peut être utilisé pour définir un élément de dessin. Le rôle du système dans ce cas, est de déterminer et d'afficher sur l'écran la portion d'image définie par ce relevé.

Cette opération consiste, en fait, à remplir la mémoire de points (cf. VI.1) à partir des renseignements associés au relevé. On distingue deux étapes :

- Détermination des points correspondant au tracé du relevé, et remplissage de ceux-ci à l'aide de la couleur associée.
- Si la section est fermée, détermination et remplissage de "l'intérieur" du relevé, à l'aide de cette même couleur.

3.1.1- Détermination des points du tracé

Cette opération consiste à déterminer, pour deux points consécutifs de la section p_i et p_{i+1} , quels sont les points de la mémoire d'image représentant le mieux le segment de droite (p_i, p_{i+1}) .



Nous utiliserons la méthode des cumuls, ne nécessitant pour chaque point, que deux additions et un test

Algorithme

Soient (X_i, Y_i) les coordonnées des points à remplir :

(0) Initialisations

$$\begin{aligned} \Delta x &= |x_{i+1} - x_i| \\ \Delta y &= |y_{i+1} - y_i| \\ \begin{cases} X_0 = x_i \\ Y_0 = y_i \end{cases} & \quad \begin{aligned} D &= |\Delta x - \Delta y| \\ \Delta_0 &= 0 \end{aligned} \end{aligned}$$

A) $\Delta x < \Delta y$

(1) $X_i = X_{i-1} + 1$

(2) si $\Delta_{i-1} < D$

$$\left| \begin{aligned} Y_i &= Y_{i-1} \\ \Delta_i &= \Delta_{i-1} + \Delta y \end{aligned} \right.$$

(3) si $\Delta_{i-1} \geq D$

$$\left| \begin{aligned} Y_i &= Y_{i-1} + 1 \\ \Delta_i &= \Delta_{i-1} - D \end{aligned} \right.$$

B) $\Delta x \geq \Delta y$:

L'algorithme reste valable en permutant X et Y.

3.1.2 - Coloriage d'un relevé

Le coloriage d'un relevé peut conduire à deux opérations distinctes selon que la section associée est ouverte ou fermée. Dans le premier cas, l'opération de coloriage n'intéresse que les points situés sur le tracé, dans le second cas, le système doit colorier tous les points situés à l'intérieur du relevé.

3.1.2.1 - L'intérieur d'un relevé

Après la détermination des points du tracé, chaque point de la mémoire

d'image contient :

0	: point n'appartenant pas au tracé
1	: point du tracé
$v > 1$: point d'intersection du tracé.

L'intérieur est alors déterminé en analysant la mémoire d'image ligne par ligne, de gauche à droite.

L'analyse d'une ligne débute dans l'état "extérieur". Le changement d'état s'effectue à la rencontre d'un point contenant une valeur impaire.

Exemple -

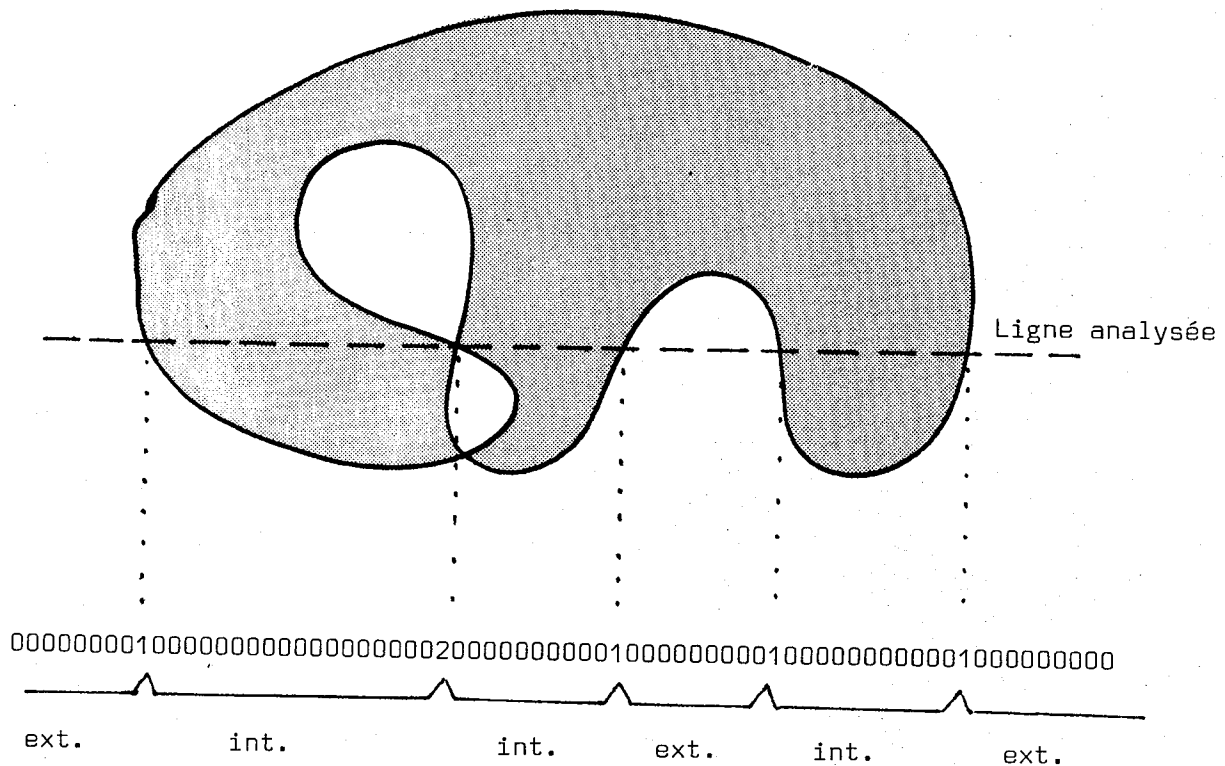


Figure 6.7

3.1.2.2 - Coloriage d'un point

Il est rappelé que les relevés sont affichés dans l'ordre de visibilité c'est-à-dire que les derniers sont susceptibles de cacher les précédents.

Soit $C_i = (r_i, v_i, b_i)$ la couleur d'un point donné, dans la mémoire d'image, après l'affichage du ième relevé.

Soit à déterminer :

$C_{i+1} = (r_{i+1}, v_{i+1}, b_{i+1})$ après l'affichage du $i+1^{\text{ème}}$ relevé d'aspect (r, v, b, t) .

Les expressions utilisées sont les suivantes :

$$\begin{cases} r_{i+1} = r + t(r_i - r) \\ b_{i+1} = b + t(b_i - b) \\ v_{i+1} = v + t(v_i - v) \end{cases}$$

On note que :

$t = 0 \Rightarrow C_{i+1} = (r, v, b)$ opacité complète

$t = 1 \Rightarrow C_{i+1} = (r_i, v_i, b_i)$ transparence totale

$0 < t < 1 \Rightarrow$ les couleurs sont composées.

3.2 - Les domaines d'évolution

Un relevé peut être utilisé pour représenter le domaine d'évolution de l'un des attributs suivants :

- *position,*
- *orientation,*
- *taille,*
- *angle,*
- *plan.*

le cas de l'attribut état étant examiné en détail en VI.4

Ces différents domaines sont obtenus à partir des $n+1$ points p_i de la section S associée au relevé.

$$S = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_n\}$$

A partir de cet ensemble discret de $n+1$ valeurs de \mathbb{R}^4 ,
 $p_i = (x_i, y_i, t_i, a_i)$.

On peut définir un domaine $D \subset \mathbb{R}^4$, isomorphe à \mathbb{R} , de la manière suivante :

$$D = \{P_k \in \mathbb{R}^4 / \forall k \in \mathbb{R}, P_k = (X_k, Y_k, T_k, A_k)\}$$

où P_k est déterminé par l'une des trois expressions suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) \quad k \in] -\infty, 1 [\implies P_k = k_1 p_0 + k_2 p_1 \\ (2) \quad k \in [1, n-1] \implies P_k = k_1 p_{[k]} + k_2 p_{[k]+1} \\ (3) \quad k \in] n-1, +\infty [\implies P_k = k_1 p_{n-1} + k_2 p_n \end{array} \right.$$

avec

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1 = 1 - k + [k] \\ k_2 = k - [k] \\ [k] = \text{partie entière de } k. \end{array} \right.$$

3.2.1 - Les trajectoires

On peut, à partir du domaine D ci-dessus, définir une trajectoire continue T .

$$T = \{p_k \in \mathbb{R}^2 / \forall k \in \mathbb{R}, p_k = (X_k, Y_k)\} .$$

La trajectoire obtenue à partir d'une section $S = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_n\}$ est représentée ci-dessous :

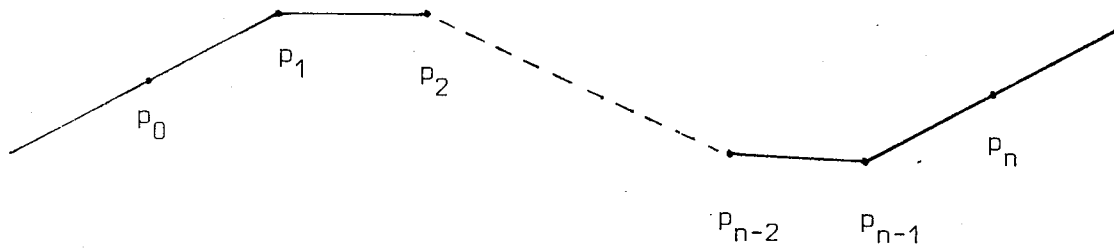


Figure 6.8

La distance à parcourir sur cette trajectoire pour aller d'un point (X_i, Y_i) à un point (X_j, Y_j) est obtenue aisément du fait de l'espacement régulier e des points de la section.

Soit $d_{i,j}$ cette distance.

$$d_{i,j} = |j-i| e$$

3.2.2 - Les ensembles d'angles

Ces domaines associés aux attributs *orientation* et *angle* d'un acteur sont obtenus à partir des valeurs d'angle du domaine D.

Soit A cet ensemble.

$$A = \{a_k \in [-\pi, \pi] / \forall k \in \mathbb{R}, a_k = A_k\}$$

3.2.3 - Les ensembles de tailles

L'attribut *taille* d'un acteur contient les longueurs des deux vecteurs de base du repère associé. Il s'agit, par conséquent, d'une valeur de \mathbb{R}^2 .

Soit H cet ensemble de tailles.

$$H = \{h_k \in \mathbb{R}^2 / \forall k \in \mathbb{R}, h_k = (X_k, Y_k)\}$$

- X_k représentant la longueur du premier vecteur de base.
- Y_k la longueur du second.

Exemple -

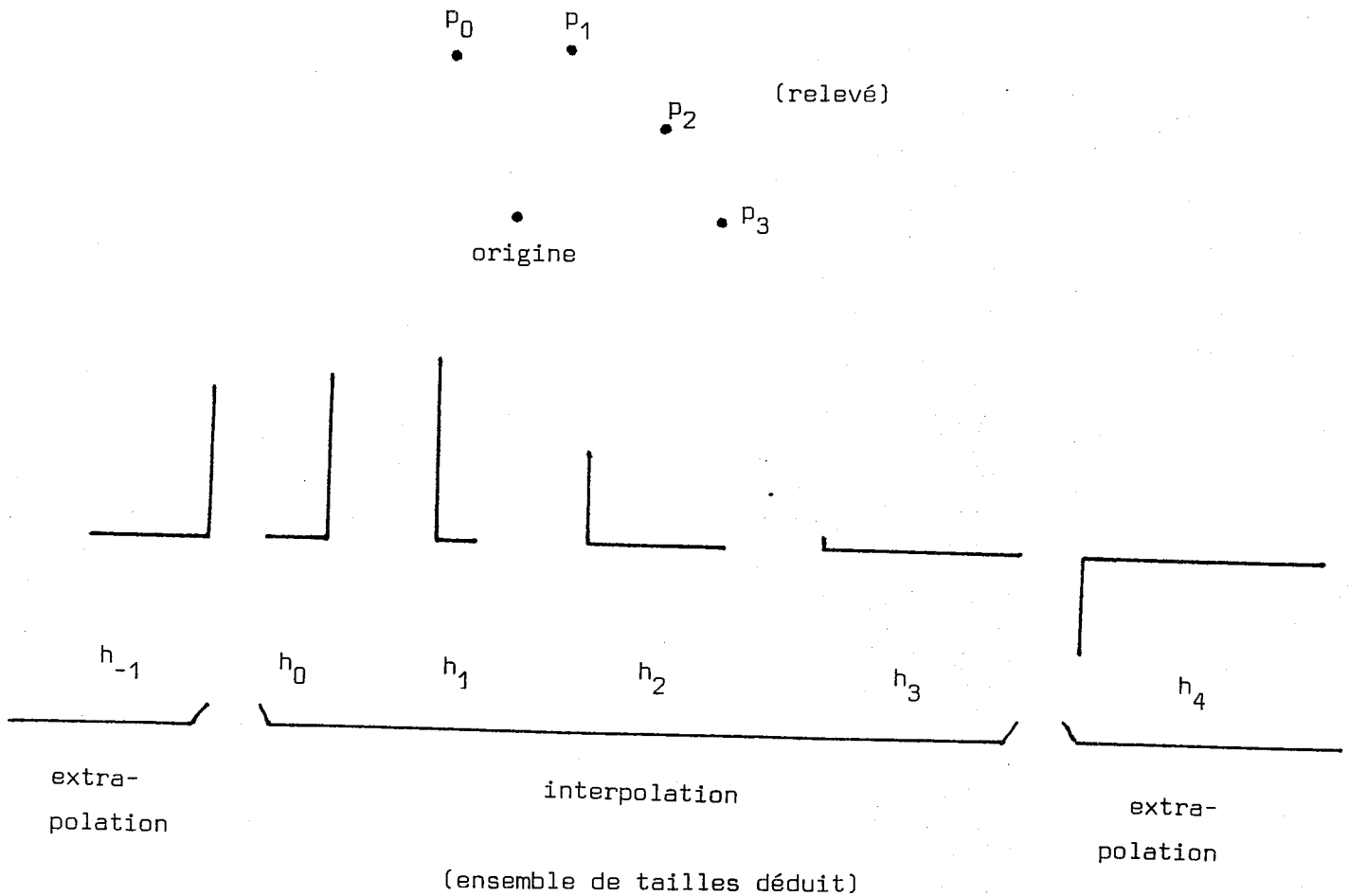


Figure 6.9

3.3 - Les fonctions d'évolution

3.3.1 - Représentation interne d'une fonction d'évolution

La représentation adoptée est celle correspondant à l'évolution relative définie en (III.2.1.2).

$$e : [0, s] \rightarrow \mathcal{R}$$

$$t \rightarrow e(t) = k$$

Si cette fonction s'applique à un domaine déduit de D (cf. ci-dessus), la valeur k de l'indice d'évolution désigne l'élément P_{kn} de D.

Ainsi

$$k = 0 \text{ désigne } P_0 \text{ (première valeur)}$$

$$k = 1 \text{ désigne } P_n \text{ (dernière valeur).}$$

D'autre part :

$$t = 0 \text{ correspond au début de l'évolution}$$

$$t = s \text{ correspond à la fin d'évolution.}$$

La valeur s fixée à priori par le système détermine, de même que e (espacement des points d'un relevé), un compromis entre l'espace mémoire nécessaire pour le stockage des fonctions et la précision de celles-ci.

3.3.2 - Les fonctions d'évolution implicites

Il s'agit d'obtenir, à partir d'une section S comportant n+1 points, les indices d'évolution correspondant à s+1 valeurs de temps régulièrement espacées.

Soit $\forall t \in \{0,1,2,\dots,s\}$, à déterminer

$$k = e(t)$$

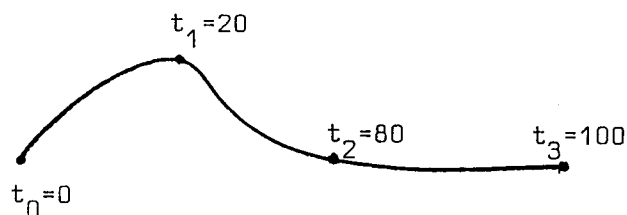
$$(1) \quad t' = \frac{t \dots t_n}{s}$$

(2) Déterminer $i \in \{0,1,2,\dots,n\}$ tel que

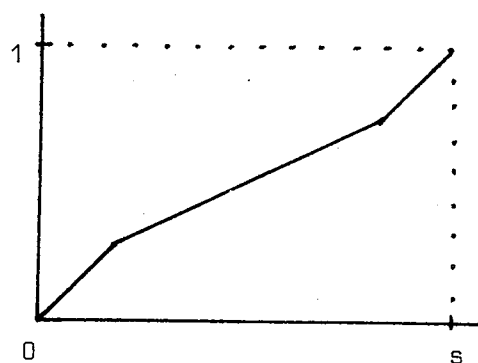
$$t_i \leq t' < t_{i+1}$$

$$(3) \quad k = \frac{1}{n} \left(i + \frac{t' - t_i}{t_{i+1} - t_i} \right)$$

Exemple -



Relevé



Fonction d'évolution
déduite

Figure 6.10

3.3.3 - Les fonctions d'évolutions explicites

Les relevés représentant ces fonctions d'évolution sont introduits directement par l'utilisateur dans le repère relatif $[0,s]$, $[0,1]$ et sont ainsi automatiquement conformes aux conventions fixées. Le système se charge, pour sa part, de relever $s+1$ points à intervalles d'abscisses réguliers.

4 - LA GENERATION DES ETATS INTERMEDIAIRES

4.1 - Position du problème

Une fonction d'animation appliquée à l'*état* d'un acteur va nécessiter la génération par le système des intermédiaires entre les "états-clés" fournis. Cette fonction d'animation est, de même que les autres, décrite à l'aide d'un domaine et d'une fonction d'évolution.

- Le domaine d'évolution

Il est composé d'un ensemble de $n+1$ dessins décrivant chacun un état-clé.

$$E = \{D_0, D_1, D_2, \dots, D_n\}$$

Il est rappelé que chacun de ces dessins est lui-même un ensemble ordonné de relevés caractérisés chacun par :

- une position,
- une orientation,
- une taille,
- un angle,
- un tracé,
- une couleur,
- une transparence.

- La fonction d'évolution

Elle exprime en quelque sorte la vitesse et le sens de la transformation entre ces différents dessins. Le passage d'un état à un autre peut revêtir un grand nombre d'aspects dépendant principalement:

- de la topologie des dessins associés aux états,
- de la caractérisation des attributs des relevés,
- du type d'interpolation choisi.

L'influence de ces différents paramètres sur la transformation obtenue est exposée en détail dans (32).

Nous étudierons ci-après le cas, le plus classique, où la caractérisation est celle définie pour les relevés (cf. VI.2.1), et l'interpolation est linéaire par morceaux.

SAFRAN propose deux modes de génération des états intermédiaires :

(1) L'animateur ne donne aucune directive, c'est-à-dire que la manière dont se construiront les intervalles lui est indifférente. Le système détermine alors arbitrairement cette transformation déchargeant totalement l'utilisateur de cette tâche.

(2) L'animateur désire imposer certaines lois de transformation. Le système lui fournit, dans ce cas, les moyens d'exprimer ces lois dont il tiendra compte lors de la génération des intermédiaires.

- Décompositions successives

La génération des dessins intermédiaires peut se décomposer, dans un premier temps, de la façon suivante :

1. Equilibrage des différents dessins-clés.

Cette première partie a pour but de découper les dessins-clés de telle manière qu'ils comportent tous le même nombre de relevés, ordonnés correctement

2. Interpolation des relevés.

Cette deuxième partie engendre, à partir de $n+1$ relevés de même rang, tous les relevés intermédiaires nécessités par l'animation.

4.2 - L'équilibrage des dessins

Cette première étape comprend deux opérations qui sont, en fait, inséparables:

- égalisation du nombre de relevés dans chaque dessin,
- expression des correspondances entre les différents relevés.

Soient D_0, D_1, \dots, D_n les $n+1$ dessins-clés fournis par le dessinateur, et soit P_k le nombre de relevés de D_k .

4.2.1 - Corrélation des relevés

La transformation à obtenir comporte $n+1$ étapes définies par les $n+1$ dessins-clés. Le comportement de cette transformation entre chaque étape peut être décrit à l'aide de n relations T_k $1 \leq k \leq n$ mettant en correspondances les relevés de D_{k-1} avec ceux de D_k .

Soit $r_{k,i}$ le $i^{\text{ème}}$ relevé de D_k , T_k la relation (notée \rightarrow)
 $r_{k,i} \rightarrow r_{k+1,j}$ signifiant que le $i^{\text{ème}}$ relevé de D_k doit se transformer vers le $j^{\text{ème}}$ relevé de D_{k+1} .

Nous nommerons relevés corrélatifs l'ensemble des $n+1$ relevés

$\{r_{0,i_0}, r_{1,i_1}, \dots, r_{n,i_n}\}$ tels que

$$\forall 0 \leq k \leq n-1 \quad \parallel r_{k,i_k} \xrightarrow{k} r_{k+1,i_{k+1}}$$

La description de l'évolution à l'aide de ces relations impose à l'animateur de spécifier toutes les correspondances entre relevés et soulève dans le cas de correspondances multiples de gros problèmes d'évaluation.

La méthode exposée ci-après présente l'avantage de décomposer la transformation en parties logiques, et permet ainsi, à l'animateur, plusieurs niveaux de précision dans la spécification des relevés.

4.2.2 - Les couloirs d'évolution

Dans la majorité des applications, l'utilisateur a besoin d'exprimer l'évolution d'un groupe de relevés liés logiquement.

La notion de couloir d'évolution répond à ce besoin. La spécification de l'évolution s'effectuera de la manière suivante :

- 1 - L'animateur crée un couloir d'évolution.
- 2 - Il décrit les étapes de l'évolution à l'intérieur de ce couloir. C'est-à-dire qu'il désigne quels sont, pour chaque dessin D_k , les relevés à affecter à ce couloir.
- 3 - Le système génère automatiquement la transformation désirée dans chaque couloir.

Il est clair que l'animateur contrôlera d'autant mieux sa transformation que le nombre de couloirs créés sera important.

4.2.3 - Description des étapes d'évolution

La transformation le long d'un couloir peut être définie en désignant dans chaque dessin D_k les relevés qui lui sont affectés. On définit ainsi $n+1$ étapes entre lesquelles le système aura à charge de générer les intervalles.

Nous nommerons $k^{\text{ème}}$ étape d'évolution du couloir $j, (E_{k,j})$ l'ensemble des relevés de D_k affectés à ce couloir.

Il est à noter que ces affectations peuvent aisément être réalisées de manière graphique en désignant directement les relevés concernés sur le dessin D_k .

Afin de faciliter la tâche de l'utilisateur, plusieurs niveaux de précision lui sont proposés pour ses affectations. En outre, afin de n'avoir à mentionner que celles qui l'intéressent, le système dispose d'un couloir inaccessible à l'utilisateur (numéro 0) auquel tous les relevés de tous les dessins sont affectés par défaut.

Les possibilités sont les suivantes :

- A) Affectation du dessin entier au couloir, c'est-à-dire de tous les relevés.
- B) Affectation des seuls relevés désignés.
- C) Affectation d'une partie de relevé.

Cette facilité permet à l'animateur de gérer aisément les cas d'éclatement de relevés ou de correspondances entre certains points de ceux-ci. On réalise cette opération en deux temps :

- découpage du relevé au point désigné (création de deux relevés d'attributs identiques sauf pour le tracé),
 - affectation des relevés ainsi créés.
- D) Pas d'affectation.

Ce cas est celui correspondant au désir de l'animateur, de faire disparaître les relevés de ce couloir à l'étape considérée. Le système affecte arbitrairement un relevé vide à cette étape.

- Représentation des affectations

Les affectations imposées par l'animateur peuvent être représentées à l'aide d'une marque associée à chaque relevé (numéro du couloir auquel il est affecté).

$$[m_{k,i}] = \text{marque de } r_{k,i} : i^{\text{ème}} \text{ relevé de } D_k .$$

Un certain nombre de situations sont à considérer.

A) L'animateur n'a créé aucun couloir d'évolution.

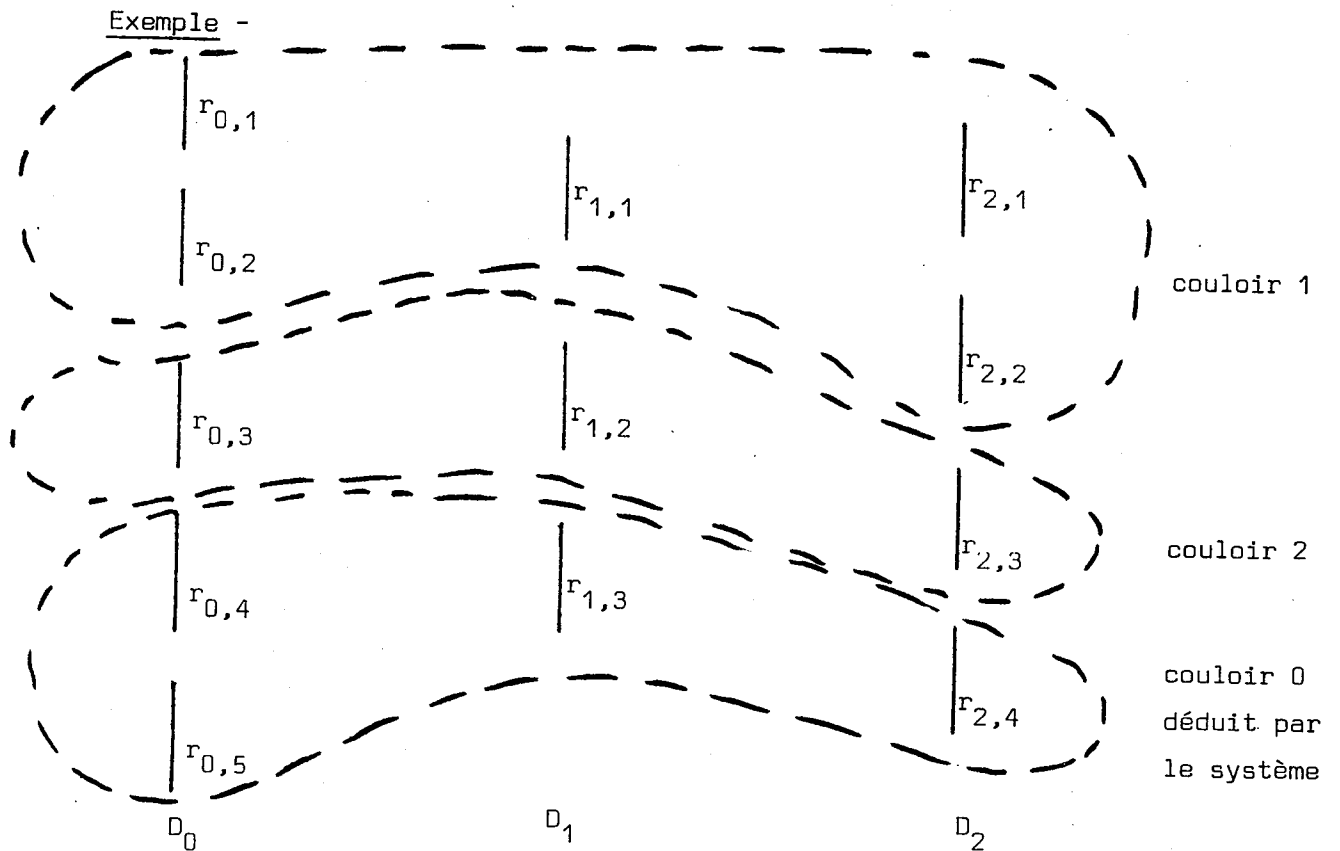
$$\forall 0 \leq k \leq n , \quad \forall 1 \leq i \leq p_k \quad [m_{k,i}] = 0$$

Tous les relevés sont affectés par défaut au couloir 0. Le système est seul maître de la transformation.

B) L'animateur a créé des couloirs, mais certains relevés n'ont pas reçu d'affectation.

$$\exists 0 \leq k \leq n \quad \text{et} \quad \exists 1 \leq i \leq p_k \quad \text{tels que} \quad [m_{k,i}] = 0$$

Ces relevés sont également affectés, par défaut, au couloir 0.



$$\begin{aligned}
 [m_{0,1}] &= 1 & [m_{0,2}] &= 1 & [m_{0,3}] &= 2 & [m_{0,4}] &= 0 & [m_{0,5}] &= 0 \\
 [m_{1,1}] &= 1 & [m_{1,2}] &= 2 & [m_{1,3}] &= 0 & & & & \\
 [m_{2,1}] &= 1 & [m_{2,2}] &= 1 & [m_{2,3}] &= 2 & [m_{2,4}] &= 0 & &
 \end{aligned}$$

C) Tous les relevés ont été affectés.

$$\forall 0 \leq k \leq n \quad \text{et} \quad \forall 1 \leq i \leq p_k \\
 [m_{k,i}] \neq 0$$

Le couloir 0 est donc entièrement vide et il n'y a pas lieu de l'étudier dans ce cas.

4.2.4 - Détermination de la transformation à l'intérieur d'un couloir

Cette opération à laquelle l'animateur ne désire pas accéder (par définition de la notion de couloir) est réalisée par le système, de la manière suivante :

- Egalisation du nombre de relevés affectés aux différentes étapes en découpant, au besoin, les relevés initiaux.
- Réordonnement des relevés à l'intérieur de chaque dessin de telle manière que les relevés corrélatifs soient de même rang.

Soit p le nombre commun de relevés

$$\forall 0 \leq k \leq n-1 \quad \forall 1 \leq i \leq p$$

$$r_{k,i} \xrightarrow{k} r_{k+1,j}$$

c'est-à-dire corrélation dans l'ordre de numérotation des relevés.

Il est à noter que l'utilisateur peut, bien entendu, aller à l'encontre de ce choix arbitraire en définissant de nouveaux couloirs.

4.2.4.1 - Algorithme d'égalisation du nombre de relevés

Nous nommerons étape initiale $E_{k,j}$ l'ensemble des relevés de D_k affectés au couloir j par l'animateur (ou le système).

Nous nommerons étape finale $E'_{k,j}$ l'ensemble des relevés de D_k affectés au couloir j par l'algorithme.

$$\forall k, \forall j \quad \begin{aligned} q_{k,j} &= \text{Card}(E_{k,j}) & q_j &= \text{Max}_{k=0}^n q_{k,j} \\ q'_{k,j} &= \text{Card}(E'_{k,j}) & & \text{(initialisé à zéro)} \\ t_{k,j} &= \text{rang du relevé étudié dans } P_{k,j} & & \text{(initialisé à zéro)}. \end{aligned}$$

L'algorithme exposé ici vise à égaliser le nombre d'éléments des étapes finales à q_j , en découpant si besoin est, les relevés initiaux. Cette méthode permet un découpage quasi-homogène de tous les relevés et conserve ainsi un certain équilibre à la transformation.

On considère successivement tous les relevés initiaux. Soit $r_{k,i}$ le relevé étudié tel que $[m_{k,i}] = j$.

- (1) $t_{k,j} \leftarrow t_{k,j+1}$
- (2) $q = \text{arrondi} \left(t_{k,j} \frac{q_j}{q_{k,j}} \right) - q'_{k,j}$
- (3) découper le relevé $r_{k,i}$ en q relevés
- (4) marquer les q relevés avec $[j]$
- (5) $q'_{k,j} \leftarrow q'_{k,j} + q$

4.2.4.2 - Réordonnement des relevés

Cette opération consiste à réordonner les relevés de chaque dessin D_k de telle manière que les marques soient croissantes

$$\forall i \text{ et } \forall j \quad j \geq i \Rightarrow [m_{k,i}] \geq [m_{k,i}]$$

Ce réordonnement, qui ne pose aucun problème particulier, permet de disposer de $n+1$ dessins comportant chacun le même nombre de relevés

$$p = \sum_{j=0}^c q_j \quad c = \text{nb de couloirs}$$

et ordonnés de telle façon que :

$$\forall 0 \leq k \leq n-1 \quad \text{et} \quad \forall 1 \leq i \leq p$$

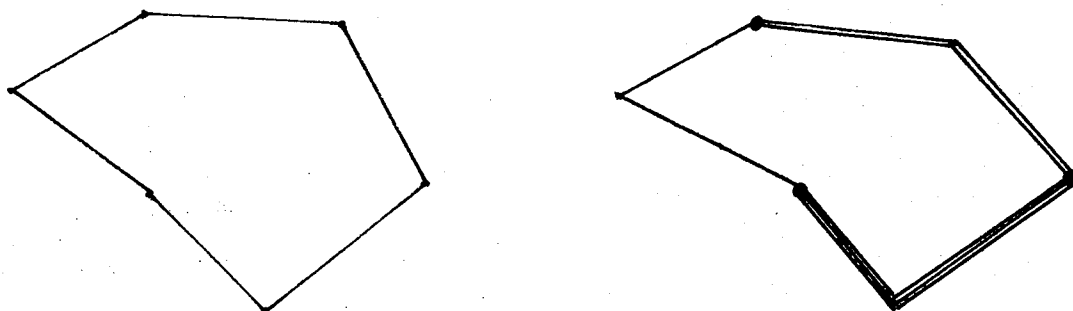
$$r_{k,i} \xrightarrow{k} r_{k+1,i}$$

4.2.5 - Découpage et ajustement d'un relevé

L'algorithme exposé ci-dessus nécessite le découpage d'un relevé en q-parties.

La solution adoptée par SAFRAN est la suivante :

Création de q relevés possédant les mêmes caractéristiques que le relevé initial (sauf en ce qui concerne la section associée) et dont les tracés juxtaposés reconstituent le tracé initial.



Relevé découpé en trois parties

Figure 6.11

Il s'agit, par conséquent, de découper la section associée au relevé initial en q-parties équilibrées.

Le système, au cours de cette opération, procède également à l'ajustement du nombre de points des relevés. La solution la plus simple consiste à imposer un nombre de points identique pour toutes les sections à interpoler. Soit :

. S la section initiale comportant n+1 points

$$S = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_n\}$$

. Si les q-sections à obtenir comportent chacune p+1 points

$$0 \leq i \leq q-1 \quad S_i = \{p_{0,i}, p_{1,i}, p_{2,i}, \dots, p_{p,i}\}$$

Soit à déterminer $p_{k,i}$

$$\forall 0 \leq k \leq p \quad \text{et} \quad \forall 0 \leq i \leq q-1$$

$$\left\| \begin{aligned} p_{k,i} &= (1-k+[K]) p_{[K]} + (k-[K]) p_{[K]+1} \\ k &= \frac{n}{q} \left(\frac{k}{p} + i \right) \end{aligned} \right.$$

Remarque -

L'expression ci-dessus fournit un nombre quelconque p de points, pour chacune des sections, tels que :

$$(1) \quad p_{0,0} = p_0 \quad \text{et} \quad p_{p,q-1} = p_n$$

Les points extrêmes de la section initiale sont également les points extrêmes de l'ensemble des sections obtenues.

$$(2) \quad p_{0,i} = p_{p,i-1}, \quad \forall 1 \leq i \leq q-1$$

Le premier point d'une section est confondu au dernier point de la section précédente, ce qui assure la continuité du tracé.

Il est à noter que cette opération s'applique également aux sections ne nécessitant aucun découpage afin d'obtenir le nombre de points (p+1) nécessaire.

Exemple -

Soit une section de trois points à découper en trois parties de $(p+1)$ points chacune.

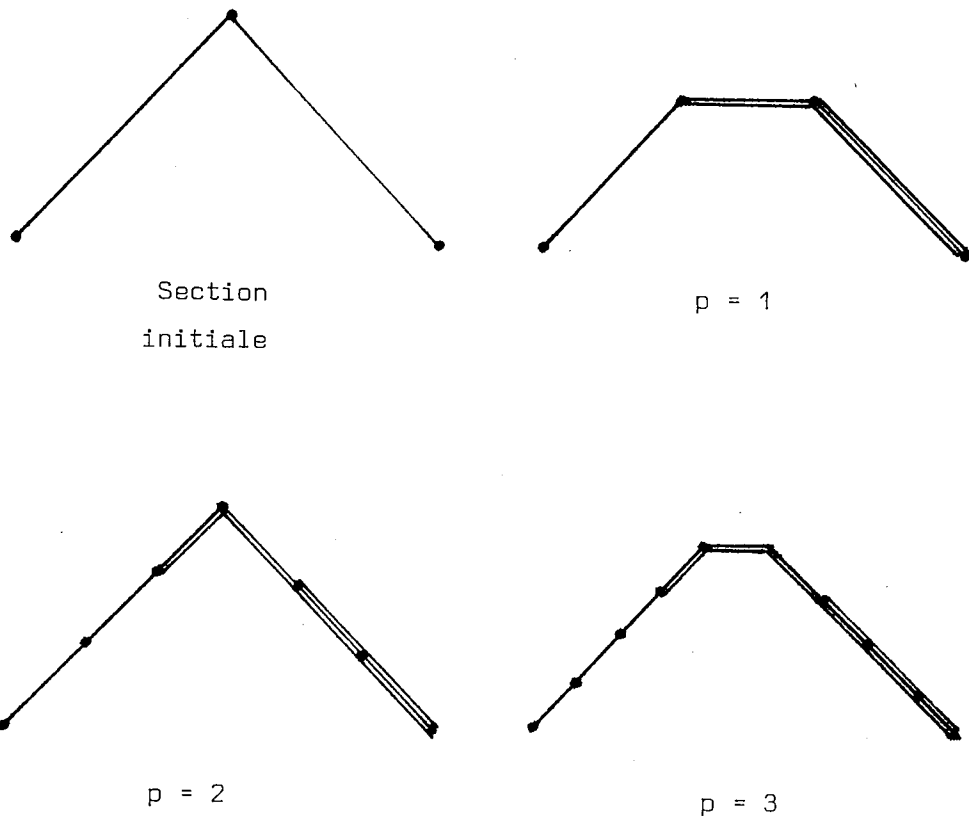


Figure 6.12

L'application de cet algorithme peut introduire certaines distorsions dans le tracé initial (voir la disparition de la pointe dans l'exemple ci-dessus). Néanmoins, ce défaut est très atténué si l'on choisit un nombre de points $(p+1)$ suffisant.

- Exemple d'équilibrage

Interpolation de deux dessins D_0 et D_1 .

- D_0 est composé de 5 relevés

DEBVT

- D_1 est composé de 3 relevés

FIN

Exemple 1 -

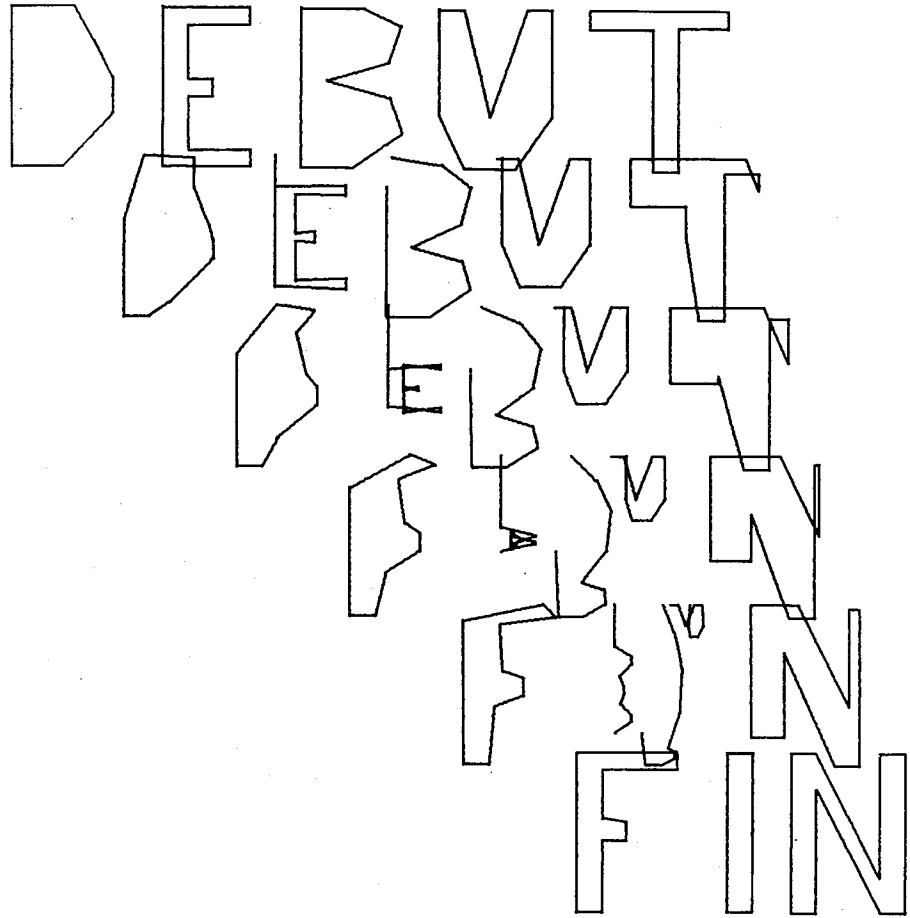
L'animateur a défini un couloir d'évolution auquel il affecte les relevés :

- E B U d'une part,
- I d'autre part.

Exemple 2 -

L'animateur n'a défini aucun couloir.

Exemple 1



Exemple 2



4.3 - L'interpolation des relevés

La phase précédente d'équilibrage fournit $n+1$ dessins clés comportant tous un même nombre de relevés ordonnés, de telle façon que les relevés corrélatifs soient de même rang et possèdent un même nombre de points.

Cette deuxième phase a pour but d'engendrer les relevés intermédiaires aux $n+1$ relevés corrélatifs. Cette opération se décompose à son tour en une série d'interpolations entre les $p+1$ points de même rang dans ces relevés, ainsi qu'entre les couleurs et les transparences de ceux-ci.

On peut associer à chaque relevé un vecteur V_i de valeurs réelles :

- 4 valeurs pour chaque point $p_k (x_k, y_k, t_k, a_k)$
- 4 valeurs pour l'aspect (r, v, b, t) .

$$\forall i \in \{0, 1, 2, \dots, n\} \quad V_i \in \mathbb{R}^t \quad (t = 4(p+2))$$

Le problème est donc de déterminer à chaque stade de l'évolution k (donné par la fonction d'évolution) un vecteur $V(k) \in \mathbb{R}^t$ en fonction de V_0, V_1, \dots, V_n sachant que l'on doit avoir :

$$\forall k \in \{0, 1, \dots, n\}$$

$$\parallel V(k) = V_k \quad (\text{condition d'interpolation}).$$

Le vecteur intermédiaire peut être exprimé comme combinaison linéaire des $n+1$ vecteurs donnés :

$$V(k) = \sum_{i=0}^n c_i(k) \cdot V_i \quad (1)$$

- $I(k)$ est un vecteur de \mathbb{R}^{n+1} contenant les valeurs des fonctions d'influence à l'évolution k .

$I(k)$ est appelé vecteur d'influence.

$$I(k) = \begin{pmatrix} c_0(k) \\ c_1(k) \\ \vdots \\ c_n(k) \end{pmatrix}$$

Il est à noter que pour $j \in \{0, 1, \dots, n\}$

$$I(j) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{jème composante}$$

- Condition de moindre déformation

Considérons le cas particulier où tous les vecteurs sont identiques :

$$V_0 = V_1 = \dots = V_n$$

L'équation (1) peut s'écrire alors :

$$V(k) = V_0 \sum_{i=0}^n c_i(k)$$

La condition de moindre déformation impose dans ce cas que tous les vecteurs générés soient également identiques (déformation nulle), donc :

$$\forall k \in \mathbb{R} \quad V(k) = V_0$$

ce qui implique

$$\forall k \in \mathbb{R}, \quad \sum_{i=0}^n c_i(k) = 1$$

4.3.2 - Interpolation linéaire par morceaux

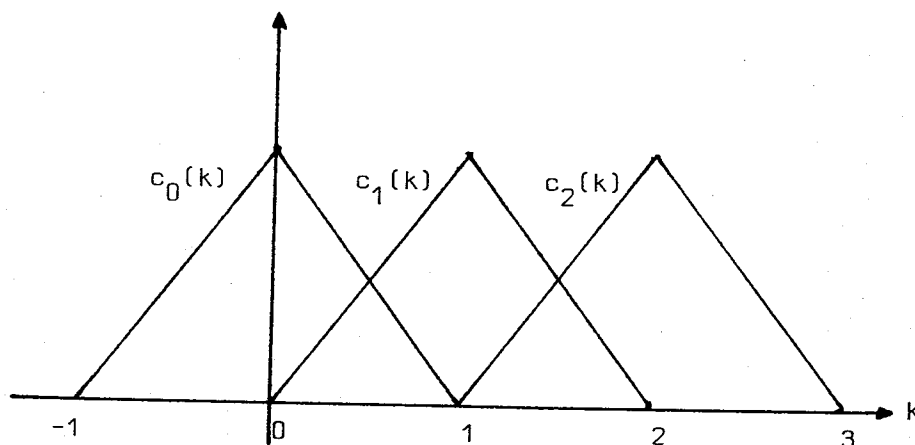
Cette méthode, qui est celle utilisée (manuellement) par les animateurs professionnels, possède les avantages suivants :

- (1) Grande simplicité des calculs nécessaires à la génération des intermédiaires.
- (2) Fonctions d'influence indépendantes du nombre de dessins-clés.
- (3) Minimisation des déformations.

Considérons la famille de fonctions d'influence définie ci-dessous :

$$\forall i \in \{0, 1, \dots, n\} \quad \left\{ \begin{array}{ll} c_i(k) = 0 & \text{si } k < i-1 \\ c_i(k) = k-i+1 & \text{si } i-1 \leq k < i \\ c_i(k) = -k+i+1 & \text{si } i \leq k < i+1 \\ c_i(k) = 0 & \text{si } k \geq i+1 \end{array} \right.$$


Exemple -





(n = 2)


Il est à noter que cette méthode est celle qui est employée pour l'interpolation des relevés (cf. VI.2.3) ainsi que pour leur ajustement (cf. VI.4.2.5). Cet outil d'interpolation est ainsi utilisé à tous les niveaux du traitement, constituant en quelque sorte le coeur du système.


4.4 - Exemples d'interpolation

POMME 

POMME 

POIRE 

POIRE 

POIRE 

NIL

NIL

NIL

NIL

DELTA

DELTA

DELTA

DELTA

DELTA

DELTA

5 - LES CONTRAINTES

Les contraintes associées aux attributs des acteurs nécessitent, de la part du système, un traitement particulier destiné :

- à détecter les incompatibilités éventuelles,
- à satisfaire (si possible) les différentes contraintes,
- à détecter les ruptures de contrainte.

5.1 - La compatibilité des contraintes

Le cas des acteurs associés à des trames quelconques ne sera pas évoqué ici, ceux-ci ne pouvant, en effet, être l'objet d'aucune incompatibilité (cf. V.5.1).

Dans le cas des trames régulières, le système doit, pour représenter l'acteur, déterminer à chaque instant le repère qui lui est associé, c'est-à-dire, les composantes des deux vecteurs de base. Or, chacun de ces vecteurs dépend de trois attributs :

- V_1 , de *position- p_1* , *orientation*, *taille*,
- V_2 , de *position- p_2* , *angle*, *taille*.

Les incompatibilités résultent donc d'une double définition de l'un de ces vecteurs. La détermination de ces deux vecteurs étant rigoureusement identique , nous n'évoquerons, ci-après, que le cas du vecteur V_1 .

Pour chacun des trois attributs : *position- p_1* , *orientation*, *taille*, l'animateur peut :

- omettre le domaine et la fonction d'évolution (OO);
- fournir le domaine et omettre la fonction (DO);
- fournir le domaine et la fonction (DE).

On peut résumer, à l'aide du tableau ci-dessous, les différentes situations possibles :

<i>orientation</i>		OO		DE	
		DO	DE	OO	DE
<i>taille</i>		OO	DE	OO	DE
<i>position-p₁</i>	OO	1	1	1	1
	DO	1	3	4	5
	DE	2	5	5	5

(1) contraintes simples
 (2) contraintes simples
 (3) contraintes composées
 (4) contraintes composées
 (5) contraintes incompatibles.

5.1.1 - Les contraintes simples

Le vecteur V_1 est déterminé par le couple d'attributs *orientation-taille* ou par l'attribut *position-p₁* (aucune incompatibilité dans ces deux cas).

Cas (1) - V_1 est déterminé à l'aide des attributs *orientation* et *taille*.

Si l'orientation n'est pas précisée (évolution omise), le système considère une valeur par défaut nulle (horizontale). Si la taille n'est pas précisée, la valeur par défaut est l'unité.

Cas (2) - V_1 est déterminé entièrement par la position du point p_1 .

5.1.2 - Les contraintes composées

Le vecteur V_1 est déterminé d'une manière unique par les domaines et les fonctions d'évolution des trois attributs.

Cas (3) - L'animateur impose une trajectoire au point p_1 et donne à chaque instant la valeur de la taille. Le système se charge dans ce cas d'évaluer le vecteur V_1 de telle manière qu'il vérifie les deux propriétés ci-dessus. Cette opération peut conduire à des ruptures de contrainte (cf. VI.5.2.2).

Cas (4) - L'animateur impose également une trajectoire au point p_1 et donne à chaque instant la valeur de l'orientation. Le système se charge ici encore, de l'évaluation du vecteur V_1 de telle manière qu'il vérifie ces deux propriétés. Cette opération peut également conduire à des ruptures de contrainte (cf. VI.5.2.2).

5.1.3 - Les contraintes incompatibles

Cas (5) - Le vecteur V_1 , dans ce dernier cas, fait l'objet d'une double définition. Le système conclut à une incompatibilité.

Remarque -

Dans tous les cas, SAFRAN vérifie que les valeurs obtenues pour l'orientation et la taille appartiennent effectivement aux domaines associés (éventuellement) à ces deux attributs. Dans le cas contraire, le système provoque une rupture de contrainte. Cette facilité permet, entre autres, d'exprimer des contraintes telles que :

- la taille est toujours comprise entre deux valeurs t_1 et t_2
(valeurs extrêmes du domaine)
- l'orientation est toujours comprise entre deux valeurs O_1 et O_2
(valeurs extrêmes du domaine).

5.2 - La satisfaction des contraintes

Cette opération consiste simplement à déterminer, dans toutes les situations exposées ci-dessus, les composantes (a_1, b_1) du vecteur V_1 , exprimées dans le repère écran.

5.2.1 - Les contraintes simples

L'évaluation des composantes de V_1 ne soulève, dans le cas de contraintes simples, aucun problème particulier.

(1) V_1 est déterminé par les attributs *orientation* et *taille* au temps t . Soit α et ρ ces valeurs.

$$\begin{cases} a_1 = \rho \cos \alpha \\ b_1 = \rho \sin \alpha \end{cases}$$

(2) V_1 est déterminé par l'attribut *position- p_1* . Soit $p_0 = (x_0, y_0)$ et $p_1 = (x_1, y_1)$ les coordonnées de p_0 et p_1 dans le repère-écran.

$$\begin{cases} a_1 = x_1 - x_0 \\ b_1 = y_1 - y_0 \end{cases}$$

5.2.2 - Les contraintes composées

Nous traiterons simultanément les cas (3) et (4) du tableau précédent.

L'animateur impose une trajectoire T au point p_1 et fournit à chaque instant t une valeur v_t (de taille ou d'orientation).

(3) Taille imposée v_t

Le système détermine la position de p_1 située sur l'une des intersections de T avec le cercle de centre p_0 et de rayon v_t .

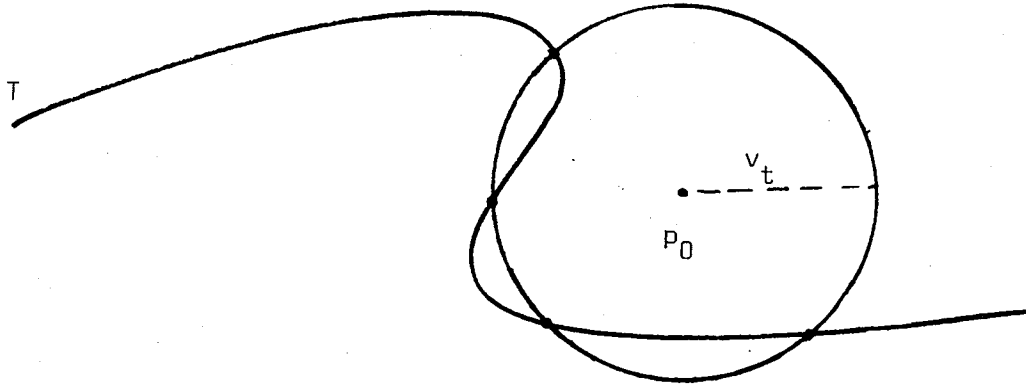


Figure 6.13

(4) Orientation imposée v_t

Le système détermine la position de p_1 située sur l'une des intersections de T avec la droite d'angle v_t passant par p_0 .

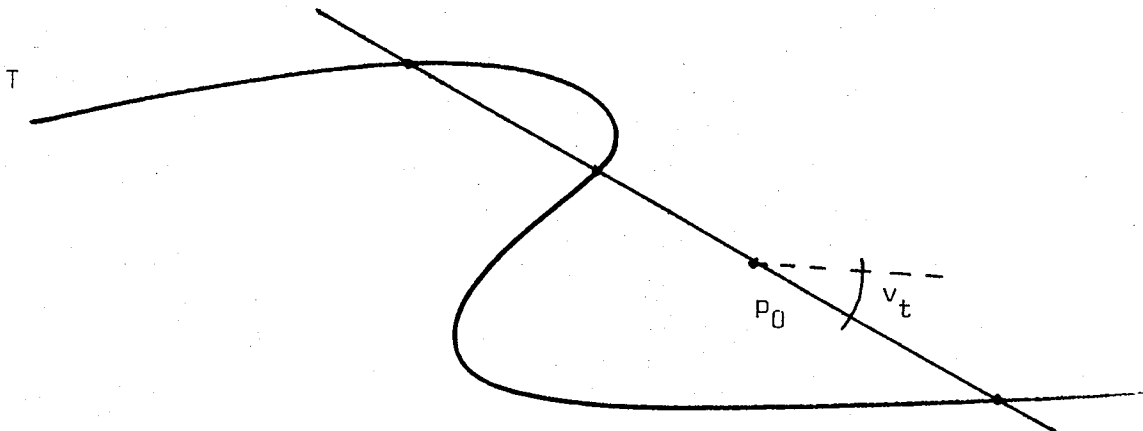


Figure 6.14

L'algorithme décrit ci-après, qui donne une solution approchée du problème, s'appuie sur trois hypothèses fondamentales.

- (1) La position de p_1 sur sa trajectoire est supposée connue au temps $t-1$.
- (2) La vitesse d'évolution de p_1 sur sa trajectoire est majorée par une valeur d , connue a priori.
- (3) Le point p_1 possède une certaine inertie c'est-à-dire qu'il tend à conserver son sens d'évolution.

Soit V une fonction telle que

$$V : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$k \rightarrow V(k) = v$$

où v est la valeur (de taille ou d'orientation) obtenue pour l'indice d'évolution k de p_1 sur sa trajectoire.

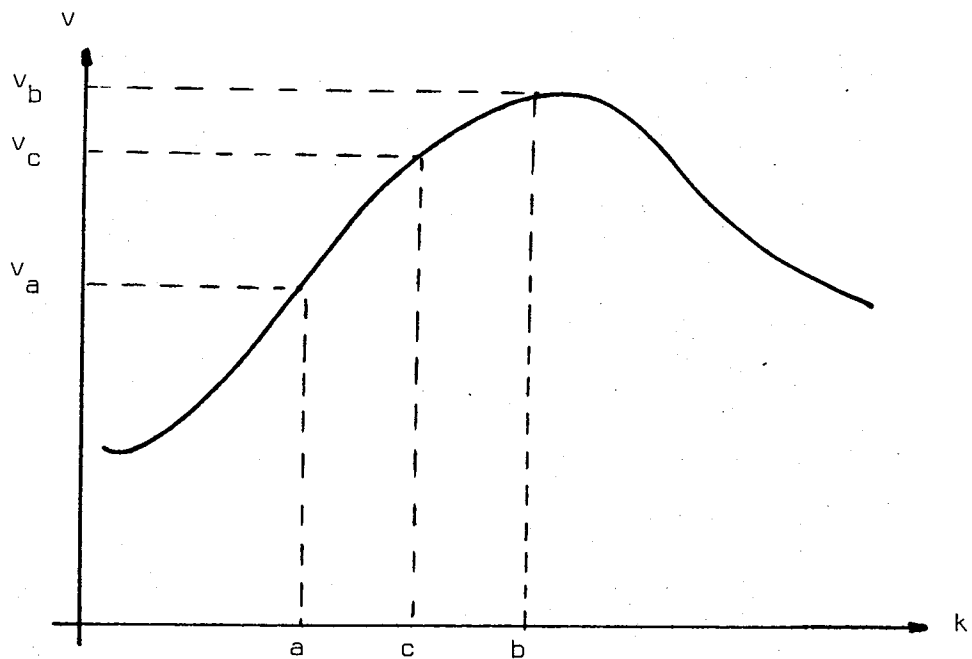
L'algorithme utilise une recherche dichotomique récursive, d'un indice d'évolution k_t tel que $V(k_t) = v_t$ (valeur fournie par l'animateur à l'instant t).

- (1) Soit à étudier un intervalle d'évolution $[a, b]$ défini dans le sens d'évolution de p_1 .

Il s'agit de déterminer, à l'intérieur de cet intervalle, une valeur k_t telle que $V(k_t) = v_t$.

Soit

$$\left\| \begin{array}{l} c = \frac{a+b}{2} \\ v_a = V(a) \\ v_b = V(b) \\ v_c = V(c) \end{array} \right.$$



Plusieurs cas sont à considérer :

- A) $v_t \in [v_a, v_c]$
 \Rightarrow étude de l'intervalle $[a, c]$
- B) $v_t \in [v_c, v_b]$ et $v_t \notin [v_a, v_c]$
 \Rightarrow étude de l'intervalle $[c, b]$
- C) $v_t \notin [v_a, v_c]$ et $v_t \notin [v_c, v_b]$
 \Rightarrow étude de l'intervalle $[a, c]$ puis, en cas d'insuccès, étude de $[c, b]$
- D) $|v_a - v_t| < \varepsilon$ $k_t = a$

Dans ce cas, l'examen de $[a, b]$ est terminé avec succès.

E) $|b-a| < \epsilon$ et $\forall t \notin [v_a, v_b]$

l'examen de $[a,b]$ est terminé avec insuccès.

Il est à noter que cette méthode recherche l'évolution k_t dans le sens (a,b) c'est-à-dire par hypothèse dans le sens d'évolution de p_1 . La valeur considérée est la première rencontrée.

-Initialisation de l'algorithme

Soit k_{t-1} , k_{t-2} les évolutions de p_1 aux temps $t-1$ et $t-2$.

Deux cas sont à considérer :

A) $k_{t-1} \geq k_{t-2}$ (sens d'évolution croissant)

- étude de l'intervalle $[k_{t-1}, k_{t-1}+d]$

- en cas d'insuccès

étude de l'intervalle $[k_{t-1}, k_{t-1}-d]$

- en cas d'insuccès

le système provoque une rupture de contrainte.

B) $k_{t-1} < k_{t-2}$ (sens d'évolution décroissant)

- étude de l'intervalle $[k_{t-1}, k_{t-1}-d]$

- en cas d'insuccès

étude de l'intervalle $[k_{t-1}, k_{t-1}+d]$

- en cas d'insuccès

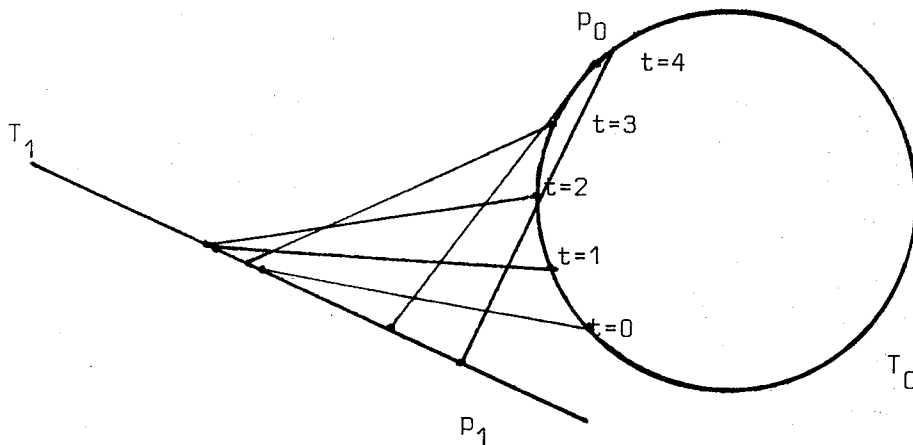
le système provoque une rupture de contrainte.

Remarque -

Il est clair que cet algorithme est d'autant plus efficace que d est faible, ce qui limite du même coup la vitesse d'évolution de p_1 sur sa trajectoire.

Exemple 1 -

- p_0 évolue sur une trajectoire T_0
- p_1 est assujéti à une trajectoire T_1
- la taille est constante.



Rupture de contrainte au temps $t = 5$.

Figure 6.15

Exemple 2 -

- p_0 évolue sur une trajectoire T_0
- p_1 est assujetti à la même trajectoire
- la taille est constante.

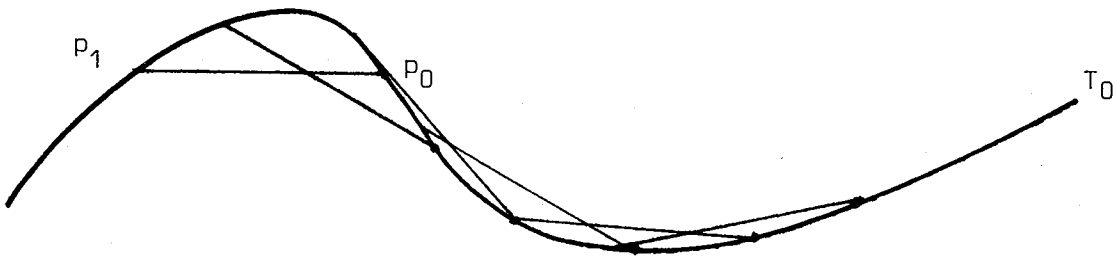


Figure 6.16

Exemple 3 -

- p_0 est fixe
- p_1 est assujetti à une trajectoire T_1
- l'orientation varie linéairement de 0 à $\frac{\pi}{2}$.

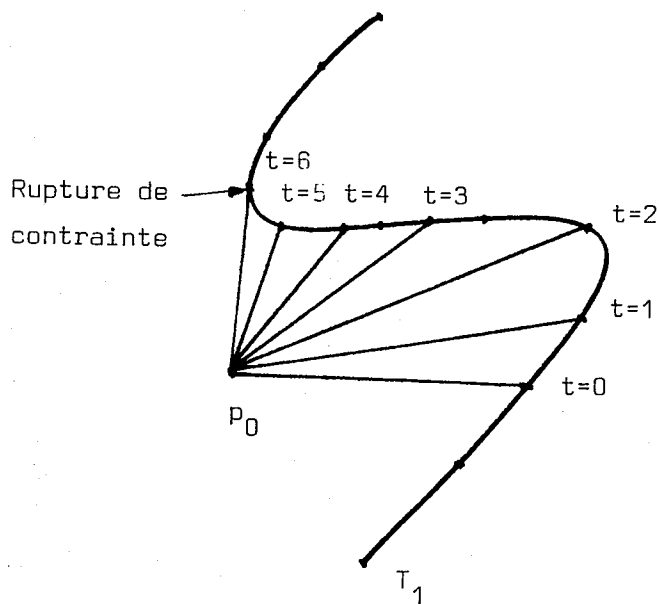


Figure 6.17

CHAPITRE VII

CONCLUSION

Nous disposons donc à l'heure actuelle d'un système qui, bien qu'incomplet, nous a permis de tester la plupart des concepts fondamentaux présentés dans cette étude. L'implémentation des différents mécanismes de base, limitée par le matériel dont nous disposons, a eu comme objectif principal la réalisation d'un système expérimental, pouvant être soumis rapidement aux exigences et aux critiques des utilisateurs. Les solutions adoptées, qui sont plus ou moins efficaces, ont eu le mérite de montrer, au cours des exemples traités, la viabilité et la simplicité d'emploi d'un système de ce type.

Cette simplicité ainsi que les résultats obtenus, nous autorisent à envisager prochainement de nombreuses applications dans de multiples domaines, nous permettant ainsi de passer dans les meilleures conditions de la version expérimentale à une version réellement opérationnelle.

Il faut cependant souligner, que ce nouveau type de système n'est pas destiné à supplanter ses prédécesseurs, mais plutôt à toucher une autre classe d'utilisateurs, rompus ou non aux techniques de l'animation, mais dans tous les cas dégagés du cadre informatique qu'ils utilisent.

Les artistes animateurs, premiers concernés, trouveront dans ce système un outil les libérant totalement du calcul des intervalles, opération longue, délicate et fastidieuse dont dépendent directement la régularité et l'harmonie des mouvements. En outre, les facilités proposées pour le montage des films et la prise de vues, associées à la simplicité des moyens mis en oeuvre permettent d'obtenir un abaissement du coût de revient évalué à 50% ainsi qu'un gain de temps qui peut atteindre 90%, comparativement à l'emploi des techniques traditionnelles.

En ce qui concerne les autres utilisateurs, nous espérons que ce système, grâce à sa simplicité d'emploi, sera une large porte ouverte sur l'animation et les services considérables qu'elle peut rendre, à tous les utilisateurs occasionnels ou potentiels que sont les cinéastes, les concepteurs, les enseignants, etc...

Outre le passage de la version expérimentale à une version plus opérationnelle, deux axes de recherches devraient être abordés prochainement.

La généralisation du concept d'acteur.

La généralisation envisagée découle principalement du besoin fréquent de manipuler des acteurs-composés, c'est à dire résultant de l'assemblage d'un certain nombre d'autres acteurs. On peut citer, pour exemple, la "bicyclette" dont les roues, le cadre, le pédalier, sont autant d'acteurs à part entière, composés ou non, et possédant leurs contraintes et leur animation propres. Cette extension, visant à simplifier la manipulation globale de ces assemblages, soulève un certain nombre de problèmes concernant plus particulièrement:

- La description et la création de la structure hiérarchique des différents acteurs,
- La composition des fonctions d'animation appliquées aux acteurs, directement ou à partir des niveaux supérieurs de la structure,
- La compatibilité et la composition des contraintes associées aux acteurs des différents niveaux.

L'extension au traitement des surfaces colorées.

Ce traitement, différé principalement à cause de l'absence du matériel adéquat, relève plus du domaine d'un logiciel graphique général que de celui d'un système spécifique comme celui-ci. Néanmoins le grand intérêt manifesté

par les animateurs à ce sujet, justifie pleinement à nos yeux une étude complémentaire des problèmes réels posés par l'implémentation du système sur une console trichrome à balayage télévision.

Nous pensons, que, fort de ces deux extensions, le système présenté dans ces pages, répondra de façon satisfaisante aux exigences aiguës et à la demande croissante des animateurs pour les techniques assistées par ordinateur. Nous fondons l'espoir que cette étude n'est que le point de départ d'une large voie de recherche ouverte sur l'animation, et qu'elle saura susciter de nombreuses applications.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANDERSON, S.E., "A list Processing System for effectively storing Computer Animated Pictures". Proceedings of the 7th UAIDE Annual Meeting, 1968, pp. 205-219.
- [2] BAECKER, R.M., "Picture Driven Animation". Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, 1969, pp. 273-288.
- [3] BAECKER, R.M., "Interactive Computer Mediated Animation". M.I.T. Ph.D. Thesis, MAC. TR. 61, June 1969.
- [4] BAECKER, R.M., "Current Issues in Interactive Computer Mediated Animation". Proceedings of the 9th UAIDE Conference Miami, Octobre 1970, pp. 273-288.
- [5] BAECKER, R.M., "A conversational Extensible System for the Animation of Shaded Images". SIGGRAPH-ACM, Computer Graphics, vol. 10, N° 2, 1976, pp. 32-39.
- [6] BURTONYK, N., WEIN, M.,
"Computer Generated Key-Frame Animation". Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers, vol. 80, March 1971, pp. 149-153.
- [7] BURTONYK, N., WEIN, M.,
"A computer Animation System for the Animator". Proceedings of the 10th Annual Meeting of The UAIDE, October 1971, pp. 5-24.
- [8] BURTONYK, N., WEIN, M.,
"Image Quality Considerations in Computer Animation". Proceedings of the 3rd National Research Council Man-Computer, Communications Seminar, May 1973, pp. 20.1-20.8.
- [9] BURTONYK, N., WEIN, M.,
"Interactive Skeleton Techniques for Enhancing Motion Dynamics in Key-Frame Animation". SIGGRAPH-ACM, Computer Graphics, vol. 10, N° 2, 1976.

- [10] CATMULL, E., "A System for Computer generated Movies". Proceedings ACM Annual Conference, August 1972, pp. 422-431.
- [11] CITRON, J., WHITNEY, J.,
"CAMP : Computer assisted Movie Production". FJCC, AFIPS Conference Proceedings, vol.33(2), 1968, pp. 1299-1305.
- [12] COMPARETTI, G., "DAAO : Un système de dessin animé par ordinateur". Journée Conception et réalisation de film assistées par ordinateur, Paris, Avril 1977.
- [13] EVANS, K.B., "Design Study for a Two-Dimensional Computer Assisted Animation System". Technical Report CSRC-9, Toronto, January 1972.
- [14] FETTER, W.A., "Computer Graphics in Communication". Mc Graw-Hill, New-York, 1964.
- [15] FOLDES, P., "La faim (Hunger)". Color Sound Film, The National Film Board of Canada, 1974.
- [16] GATTIS, E., "The SOLIDS Animation Program". Proceedings of the 7th UAIDE Annual Meeting 1968, pp. 197-204.
- [17] GRACER, F., BLASGEN, M.W.,
"KARMA : A System for Story board Animation". SIGGRAPH-ACM Computer Graphics, vol. 5, N° 1, 1971.
- [18] HONEY, F.J., "Artist oriented Computer Animation". Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers, vol. 80, 1971, p. 154.
- [19] HONEY, F.J., "Computer Animated Episodes by single Axis Rotations". Proceedings of the 10th UAIDE Annual Meeting 1971, pp. 120-226.
- [20] HOPGOOD, F.R., "GROATS, A Graphic output System for Atlas using the 4020". Proceedings of the 8th UAIDE Annual Meeting, 1969, pp. 401-410.

- [21] KAHN, K.M., "An Actor-Based Computer Animation Language". M.I.T. Working Paper, N° 48, February 1976.
- [22] KITCHING, A., "Computer Animation. Some new ANTICS". Br. Kinematography Sound Television Journal, 55(12), December 1973, pp. 372-386.
- [23] KNOWLTON, K.C., "A Computer Technique for Producing Animated Movies". Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, 1964, pp. 67-87.
- [24] KNOWLTON, K.C., "A Computer Technique for Producing Animated Movies". Bell Telephone Laboratories Film.
- [25] LAUGIER, C., "Un système d'interprétation graphique de données. Application à l'illustration dynamique de programmes". Thèse de Troisième Cycle, Grenoble, Octobre 1976.
- [26] LEDUC-LEBALLEUR, A., LUCAS, MARTINEZ, F.,
"Conception et réalisation d'un logiciel graphique interactif indépendant du contexte d'utilisation : le logiciel GRIGRI". Séminaire de Programmation, USM-Grenoble, Juin 1977.
- [27] LESTY, M.J. "Etude d'un système informatique au service de l'artiste pour la réalisation de films à partir de croquis" Thèse de troisième cycle à paraître.
- [28] LUCAS, M., "Production de dessins animés à l'aide d'un terminal graphique". Congrès AFCET, Grenoble, 1972.
- [29] LUCAS, M., "Evolution des matériels graphiques interactifs". Journée Evaluation des matériels graphiques interactifs, AFCET, Septembre 1976.
- [30] LUCAS, M., MARTINEZ, F.
"Eléments pour un système de production d'images dynamiques". Séminaire de Programmation, Grenoble, Mai 1976.

- [31] MARTINEZ, F., "Eléments d'un système d'animation d'objets en deux dimensions satisfaisant certaines contraintes mécaniques". Rapport de Recherche DRME, N° 1, Juillet 1975.
- [32] MARTINEZ, F., "Techniques de passage d'un dessin à un autre par déformations successives : Application à un système d'animation". Rapport de Recherche, N° 65, Grenoble, Janvier 1977.
- [33] McLAREN, N., "Quotation in Animation exhibit in the Canadian Cinematique Pavilion at EXPO 68 in Montreal - Canada. National Film Board Canada.
- [34] MEZEI, L., ZIVIAN, A.,
"ARTA, an Interactive Animation System". Proceedings of the IFIPS Conference, 1971, pp. 429-434.
- [35] MORVAN, P., LUCAS, M.,
"Images et ordinateur : introduction à l'infographie interactive". Ed. Larousse, Septembre 1976.
- [36] NOLAN, J., YARBROUGH, L.,
"An on-line computer drawing and animation system". Proceedings of the IFIPS Congress 1968, North-Holland, Amsterdam, 1968, p. 605.
- [37] PARK, F.I., "Animation of faces". Proceedings of the ACM Annual Conference, vol. 1, 1972.
- [38] PFISTER, G.F., "The Computer Control of changing Pictures". M.I.T., Project MAC TR-13, September 1974.
- [39] SINDEN, F.W., "Synthetic Cinematography". Perspective, vol. 7, N° 4, 1965, pp. 279-289.
- [40] SUTHERLAND, I.E., "Sketchpad : a Man Machine Graphical Communication System". M.I.T. Lincoln Laboratory Technical Report N° 296, January 1963. Proceedings of the SJCC, 1963.

- [41] TALBOT, P.A., CARR, J.W., COULTER, R.R., HWANG, R.C.,
"ANIMATOR, an On-Line Two-dimensional Film Animation System".
Communication of the ACM, vol. 14, N° 4, April 1971.
- [42] WEIN, M., BURTONYK, N.,
"Computer Animation". Encyclopedia of Computer Science and
Technology, vol. 5, 1977, pp. 397-436.
- [43] WEINER, D.D., ANDERSON, S.E.,
"A Computer Animation Movies Language for Educational Motion
Pictures". FJCC, AFIPS, Conference proceedings, vol. 33(2),
1968, pp. 1377-1320.
- [44] ZAJAC, E.E., "Computer-made Perspective Movies as a Scientific
and Communication Tool". Communication of the ACM, vol. 3,
March 1964, pp. 169-170.

