



HAL
open science

Etude d'un système informatique au service de l'artiste pour la réalisation de films à partir de croquis

Marie-Josèphe Lesty

► **To cite this version:**

Marie-Josèphe Lesty. Etude d'un système informatique au service de l'artiste pour la réalisation de films à partir de croquis. Modélisation et simulation. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG; Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1977. Français. NNT : . tel-00287604

HAL Id: tel-00287604

<https://theses.hal.science/tel-00287604>

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.

TU 850

T H E S E

présentée à

**UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE
INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE**

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE 3ème CYCLE
INFORMATIQUE

par

Marie-Josèphe LESTY

**ETUDE D'UN SYSTEME INFORMATIQUE AU SERVICE DE L'ARTISTE
POUR LA REALISATION DE FILMS A PARTIR DE CROQUIS**

Thèse soutenue le 30 Septembre 1977 devant la Commission d'Examen :

MM. L. BOLLIET	Président
G. VEILLON	Examineur
M. LUCAS	Examineur
R.A. GUEDJ	Invité

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
	KRAVICHENKO 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
	PFLISTER 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)
	MICHOULIER 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 L. BOLLIET, qui a bien voulu me faire l'honneur de présider le jury de cette thèse,

Monsieur le Professeur G. VEILLON pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à mon travail tout en me faisant part de ses critiques.

Je souhaite témoigner toute ma reconnaissance à Monsieur R.A. GUEDJ, Chef du Laboratoire "Communication Homme Machine" qui m'a accueilli dans son Laboratoire et m'a permis d'étudier ce sujet un peu hors des sentiers battus et qui tour à tour m'a orientée et encouragée dans mes recherches.

Je voudrais également remercier M. LUCAS et l'équipe "Techniques Graphiques" de l'Université de Grenoble qu'il anime, pour leur collaboration et pour les conseils et nombreuses remarques qui en résultaient.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à mes collègues du LCR, Ingénieurs et Stagiaires pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée et spécialement P. GUYOT pour son aide efficace en programmation.

J'adresserais enfin, tout particulièrement, mes remerciements à Madame CARADEC qui a dactylographié ma thèse avec un soin remarquable.

Une partie de ce travail a été effectuée dans le cadre
du contrat D.R.M.E. Numéro: 74.34.481.00.480.75.01

ETUDE D'UN SYSTEME INFORMATIQUE

AU SERVICE DE L'ARTISTE

POUR LA REALISATION DE FILMS

A PARTIR DE CROQUIS

Présentation

=====

Cette étude concernant le dessin animé à l'aide de l'ordinateur a été faite sous l'impulsion de Monsieur Guedj, chef du laboratoire "Communication Homme Machine" au LCR de THOMSON CSF.

Depuis une dizaine d'années le sujet était à l'étude mais restait largement ouvert. De quoi s'agissait-il exactement? S'y rattachait toute étude informatique dont le but était de mouvoir un graphique sur l'écran d'une console de visualisation reliée à un ordinateur. Mais le problème pouvait être envisagé de multiples façons. La synthèse n'était et n'est pas encore vraiment faite.

Nous avons à notre disposition un mini-ordinateur, une console graphique et une tablette à dessiner.

Une approche qui nous semblait intéressante, avec le matériel cité, était la réalisation d'un système interactif d'aide à la conception de dessins animés quelconques.

Et nous voulions surtout que ce système s'adresse à des artistes.

Une étude préalable des techniques traditionnelles de dessins animés semblait donc évidente. Il nous fallait ensuite imaginer éventuellement de nouvelles techniques de description, de représentation, de simulation et de mise en oeuvre de dessins animés à l'aide d'un ordinateur.

Le problème était par conséquent de traduire sous une forme mathématique, informatique ce qui au premier abord semble à l'opposé de cette démarche et de faire en sorte que cette traduction soit aussi peu apparente que possible pour l'artiste appelé à utiliser le système.

Il s'agissait d'abord de bien cerner le sujet, d'extraire les notions de base nécessaires à l'élaboration d'un dessin animé, chose difficile car nous étions dans le domaine du subjectif, et de voir ensuite ce qu'il était possible, souhaitable de faire au moyen d'un ordinateur.

P L A N
=====

INTRODUCTION	13
=====	
SUJET	16
=====	
HISTORIQUE	23
=====	
TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'ANIMATION	45
=====	
INTERET IMMEDIAT DE L'ORDINATEUR	61
=====	
LE SYSTEME ANIMA	65
=====	
PARTIE I : OBJECTIFS ET PRINCIPES DE BASE ..	66
PARTIE II: LE MATERIEL	72
PARTIE III:LE LOGICIEL	78
SECTION I : LE CARNET DE CROQUIS	79
SECTION II: L'ANIMATION	159
SECTION III: REALITE DU SYSTEME	198
PARTIE IV : DEVELOPPEMENTS FUTURS DU SYSTEME	203
CONCLUSION	207
=====	

T A B L E D E S M A T I E R E S

INTRODUCTION		13
=====		
SUJET		16
=====		
A - L'illustration de programmes		17
B - Coloration et synthetisation d'images		19
C - Le "dessin animé"		21
HISTORIQUE		23
=====		
Introduction		24
A - Travaux aboutissant à un langage d'animation.		27
B - Travaux basés sur l'interpolation		31
C - Travaux de Michel LUCAS et son équipe		41
D - Conclusion		44
TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'ANIMATION		45
=====		
I - <u>Terminologie</u>		47
A - Les différentes unités du film		47
B - Les différents éléments servant à la description du film		49
II - <u>Comment fait-on a la main un dessin anime</u>		51
1 - Conception du film		51
2 - La mise en oeuvre du film : l'ANIMATION		54
3 - Les artisans du film		57

INTERET IMMEDIAT DE L'ORDINATEUR	61
=====	
A - Prise en charge de tâches fastidieuses et descriptibles	62
B - Suppression de certains problèmes dus aux matériaux	63
C - Prise en charge de tâches impossibles ou très difficiles a la main	64
D - Stimulation de l'imagination	64
 LE SYSTEME ANIMA	 65
=====	

PARTIE I

* OBJECTIFS ET PRINCIPES DE BASE *	66

A - Objectifs de base	67
B - Principes de base relatifs à l'animation ..	69

O O O O O O O O O O

PARTIE II

* LE MATERIEL *

72

A - Matériel à notre disposition	73
B - Matériel souhaitable	76

PARTIE III

* LE LOGICIEL *

78

SECTION I - LE CARNET DE CROQUIS	79
--	----

<u>Chapitre I - Terminologie</u>	80
--	----

<u>Chapitre II - Les croquis</u>	82
--	----

A - Définition	82
B - Eclatement d'un croquis	88
C - Coordonnées choisies	90
D - Opérateurs agissant sur les attributs ...	91
E - Opérateurs agissant sur le tracé	91
F - Opérateurs contrôlant l'origine	92
G - Les identificateurs d'un croquis	92

<u>Chapitre III - La pagination</u>	104
---	-----

A - Restriction relative au matériel	104
B - Restriction relative à l'animation	104
C - Conséquences quant à la notion de page ..	105
D - Identification des pages	109

E - Opérateurs nécessaires	110
<u>Chapitre IV - Amélioration du tracé et instruments de mesure</u>	111
A - Elimination de points inutiles	111
B - Apport de points supplémentaires	114
C - Instruments de mesure	117
D - Opérateurs	120
<u>Chapitre V - Les transformations géométriques</u>	122
A - Ensemble de définition	122
B - De quelles transformations s'agit-il ?..	126
B0 - Les transformations courantes	126
B1 - Les effets spéciaux	128
B2 - L'interpolation	137
C - Comment manipule-t-on ces transformations ?	137
C0 - En procédant PAS a PAS	138
C1 - En procédant de façon globale	138
C2 - En procédant par programme	139
D - Gestion des croquis transformés par la procédure c1 (model-sheet - esquisses)	140
E - Comment fournir les paramètres des diffé- rentes transformations ?	
mode numérique	149
mode graphique	149
<u>Chapitre VI - Opérateur global permettant de parfaire un model-sheet</u>	156
A - "Lissage" global d'un model-sheet ou d'un morceau de model-sheet	156
B - "Lissage" global d'une ou plusieurs pages du carnet	156

<u>Chapitre VII - Conclusion</u>	158
SECTION II - L'ANIMATION	159

Introduction	159
<u>Chapitre I - Notion de base propre à l'animation</u>	160
A - <u>Point de vue graphique</u>	160
Suite de cellullos	
B - <u>Point de vue temporel</u>	160
Temps réel	
temps affichage	
Vitesse	
Rythme	
Acteurs élémentaires	
<u>Chapitre II - Animation élémentaire</u>	163
1 - <u>Construction des acteurs élémentaires</u>	163
A - Animation d'un model-sheet	163
A1 - La suite de cellullos	163
A2 - La suite rythmique	164
B - Animation d'une page	165
C - Animation d'une suite de pages	165
D - Cycles	166
E - Conclusion	167
2 - <u>Opérateur s'appliquant à des acteurs élémentaires</u>	167
A - Le changement d'origine	167

	(porte sur la suite de celluloses)	167
B -	Opérateurs TRAJECTOIRE (porte sur l'acteur entier)	168
C -	Modifications du TEMPO de la suite rythmique (porte sur la suite rythmique)	168
D -	Concaténation d'acteur élémentaire (porte sur l'acteur total)	169
E-	Transformation roulante (porte sur la suite de celluloses)	169
F -	Gestion sous-jacente des acteurs élémentaires	169
3 -	<u>Quelques types d'animation spécifiques</u>	170
	A - Panoramique	170
	B - Volet tournant	172
	<u>Chapitre III - Animation par bloc</u>	173
	A - <u>La notion de liaison</u>	173
	Mise en scène	
	Clou	
	Bloc	
	B - <u>Caractérisation du clou</u>	180
	C- <u>Structure de bloc</u>	186
	Définition	186
	Point de vue de l'utilisateur	189
	Analyse du bloc par le système	190
	D- <u>Constitution de bloc de bloc</u>	191
	E- <u>Animation simultanée de plusieurs</u>	
	<u>Blocs indépendants</u>	193

f- <u>Animation séquentielle de blocs</u>	193
<u>Conclusion</u>	193
<u>Chapitre IV - Implantation en mémoire</u>	194
A - La "charte d'animation"	194
B- Le classeur de scènes	196
SECTION III - REALITE DU SYSTEME	198

- Place en mémoires périphériques	199
- Place en mémoire centrale	200
PARTIE IV	

DEVELOPPEMENTS FUTURS DU SYSTEME	203

A - Point de vue : matériel	204
B - Point de vue : logiciel	205
0000	

CONCLUSION 207
=====

GLOSSAIRE 211
=====

BIBLIOGRAPHIE 218
=====

U O U O O U U O O U U O O O O O U

Quel écolier, n'a pas tenté d'animer un cours, d'y apporter un peu de rêve, en feuilletant rapidement, le coin illustré avec soin de son cahier? La même idée vint naturellement aux informaticiens dès qu'ils eurent à leur disposition des consoles de visualisation reliées à l'ordinateur. En effet, il est aisé pour ce dernier, spécialiste des tâches répétitives, d'afficher sur l'écran d'une console, une succession d'images simples différant assez peu les unes des autres.

Des programmes furent écrits pour manipuler des images de toutes sortes à des fins scientifiques ou artistiques. Souvent cela n'était pas très bien délimité. On parla alors d'

ANIMATION PAR ORDINATEUR

Trois mots qui réunis provoquent et provoquent encore des remous chez les artistes: le mot "PAR" fait craindre à ces derniers d'être supplantés ou dominés par l'ordinateur, machine terrifiante car non comprise et supposée intelligente. De plus, ils ne reconnaissent pas aux premières réalisations faites à l'aide de l'ordinateur, le droit à l'appellation contrôlée "ANIMATION".

On se heurte donc très vite au problème de communication entre artistes et informaticiens. Quand ces derniers s'immiscent dans le domaine artistique, c'est souvent avec un pseudo-langage d'artiste recouvrant des concepts scientifiques qui n'ont rien à voir avec leur acception courante par les professionnels de l'art.

Si l'informaticien veut apporter une aide appréciable à l'animateur, il doit se faire l'interprète de ce dernier. Le dialogue doit se faire dans le langage de l'artiste, l'informaticien doit s'effacer.

L'objet de ce travail est donc, d'une part, de dégager les concepts de base mis en jeu dans une aide informatique pour la

création et la production de dessins animés, d'autre part, la réalisation sur petit ordinateur d'un système appelé "ANIMA" permettant à l'artiste de faire certains "dessins animés" sans connaissances en informatique.

Pour nous situer, nous donnerons d'abord un bref aperçu historique. Puis après avoir expliqué la façon dont travaillent habituellement les artistes animateurs, nous décrirons le système ANIMA et ses extensions possibles.

Avant de parler de ceux qui ont abordé le même travail, essayons de délimiter le sujet. Qu'entend-on exactement par "animation graphique" ou "dessins animés" à l'aide d'un ordinateur?

Dans l'esprit de beaucoup de gens, le terme d'animation graphique recouvre des notions différentes et parfois confuses.

A - L'illustration de programmes

Pour les uns, il s'agit de "l'illustration de programmes", c'est-à-dire de processus dont l'évolution dans le temps est parfaitement décrite par des équations mathématiques. Les paramètres de ces processus peuvent donc être à chaque instant calculés par des programmes. A ces données instantanées correspondent des courbes mathématiques dont il serait agréable de voir la transformation sur un écran. Ici, il n'y a pas, à proprement parler, de problèmes d'animation car toutes les fonctions du temps représentant les paramètres sont connues. C'est plutôt un problème de discrétisation suivant l'axe du temps et un problème de qualité du dessin, de précision dans le tracé. Il s'agit en général de phénomènes scientifiques dont justement il ne faut pas perdre, par des illustrations, la qualité de rigueur.

Ce domaine, plus que les autres, demande une très bonne qualité de terminaux graphiques: écran assez large, bonne définition du point etc...

Entre dans cette catégorie tout ce qui a trait aux mathématiques, à la physique, l'aérodynamique, l'architecture, la médecine, les sciences humaines etc...

-----.

Exemples de travaux sur ce sujet

FRANCE General

- "Illustration de programmes à l'aide d'un terminal graphique" 15/10/1974. Christian LAUGIER, U.S.M.G. Grenoble
- "Un système d'interprétation graphique de données. Application à l'illustration dynamique de programmes" Thèse de 3eme cycle
U.S.M.G. Et I.N.P.G. - GRENOBLE- 28 OCTOBRE 1976-
- "Sur le programme EUCLIDE. Création, manipulation et visualisation de formes tridimensionnelles dans un langage géométrique dynamique"
Thèse de 3eme cycle, 28 Nov. 72 - Université Paris VI

USA Physique

- F.W. SINDEN "Force, mass and motion" Bell Telephone Laboratories Films, SIGGRAPH'76
- J.L. SCHWARTZ, E.F. TAYLOR "Computer displays in the teaching of physics Proc. F.J.C.C. 1968, SIGGRAPH'76
- M.I.T. Science Teaching Center "Scattering in one dimension" Films available on loan from the Atomic Energy Commission
SIGGRAPH'76
- C. LEVINTHAL "Molecular model-building by computer models films" SIGGRAPH'76
- E.E. ZAJAC
 - "Computer-made perspective movies as a scientific and communication tool" Comm. ACM, Vol. 7 No. 3, March 1964
 - "Two-gyro, gravity gradient attitude control system Bell Telephone Laboratories Films" SIGGRAPH'76

-Willemert 1974 -

"Occupant model for human motion" Paper presented at the
Conference on computer Graphics and Interactive
Techniques-15-17 July 1974 sponsored by the University of
Colorado Computing Center and ACM/SIGGRAPH. Comput & Graphics
vol.1 Pp 123-128

C'est un programme de simulation qui prédit la position
D'un passager dans une voiture pendant une collision.

-F.R.A. Hopgood

"Computer animation as a tool in teaching Computer
Science"

Information processing 74

- North Holland publishing Company 1974.

B - Coloration et synthetisation d'images

D'autres s'intéressent au traitement d'images filmées
généralement par une caméra de télévision. Puis, l'ordinateur
sous les ordres de l'utilisateur travaille la définition de ces
images, fait disparaître certaines lignes, change la texture
du trait, ajoute certains éléments (fond...), superpose
plusieurs images, etc...

Là encore, il n'y a pas de problèmes spécifiques
d'"animation". Comme à la main, le travail se fait image par
image. On peut donc obtenir un dessin animé, mais assez limité,
car on ne travaille essentiellement que sur la couleur et la
luminance. Ces programmes sont peut-être plus utiles pour la
publicité, la décoration, la composition de "posters", de
papiers peints etc...

N.B. - Donnons quelques précisions sur les termes souvent
employés: synthétiseur vidéo, image synthétique, synthétiseur
d'images. Le mot synthétiseur et ses dérivés sont utilisés par
beaucoup de gens, mais avec des sens différents, ou de façon
assez vague. Nous avons pu dégager les sens suivants:

- Synthétiseur vidéo, analogique

C'est un appareil électronique qui permet d'effectuer les mélanges d'images vidéo et certains trucages:

- multiplication de certaines parties d'une image
- superposition de plusieurs images
- donc, possibilité d'ajouter certains fonds etc...

- Image synthétique, image mémorisée

On peut afficher sur un écran de télévision des images provenant de deux sources différentes.

Dans un cas, on peut avoir affaire à des images naturelles, c'est-à-dire des images filmées par une caméra de télévision. Ces images vidéo sont ensuite numérisées ou digitalisées, c'est-à-dire mises en code binaire pour pouvoir être traitées par l'ordinateur.

Dans l'autre cas, il s'agira de manipuler des images artificielles ou images synthétiques, c'est-à-dire des images construites ou calculées à partir de programmes.

- Un synthétiseur d'images est un système permettant d'afficher des images synthétiques.

Le film "Quadra", dessins animés abstraits de Catherine IKAM, présenté au Festival International du film abstrait de MONTPELLIER en Décembre 1976, a été réalisé à l'aide d'un tel synthétiseur vidéo.

Exemple:

"Un système Informatique au service de la communication"
COLONNA, Laboratoire LACTAMME - Ecole Polytechnique

d- Le "dessin animé"

Enfin, quelques-uns veulent permettre à des artistes animateurs de transformer, de mouvoir leurs dessins suivant les fantaisies de leur imagination. Nous parlerons alors de "dessins animés". Il ne s'agit plus ici de résultats scientifiques, mais d'une animation dirigée à tout instant par l'homme.

A priori, pour ce genre d'animation, l'aide d'un ordinateur semble limitée. Comment exprimer de façon mathématique la fantaisie de l'artiste? En fait, ce n'est pas la fantaisie qu'il faut traduire par des formules. Le programme doit être assez souple pour accepter différentes créations de l'artiste, que ce soit des dessins ou des mouvements. L'ordinateur se chargera d'exécuter un grand nombre de tâches fastidieuses. En effet, la persistance rétinienne exige 24 images par seconde, différant insensiblement les unes des autres. Il est naturel de penser que l'ordinateur pourrait interpoler, c'est-à-dire réaliser les images intermédiaires entre certaines images-clés données par l'artiste. Ceci est dit simplement pour faire entrevoir l'intérêt d'utiliser l'ordinateur, nous reviendrons plus loin et en détail sur ce point.

Certains voudraient encore distinguer une autre sorte d'animation qui se situerait entre l'illustration de programmes et les dessins animés. Il s'agit de l'explication graphique d'un phénomène scientifique, qui ne cherche pas à illustrer de façon rigoureuse des résultats numériques. Ce serait une interprétation. En effet, la traduction simple de résultats numériques en résultats graphiques, peut très bien n'être d'aucune aide à la compréhension du phénomène. Pour que l'idée passe, que l'interpréteur saisisse l'essentiel, il faut alors que le spécialiste scientifique intervienne, travaille en artiste, opère des raccourcis, stylise des graphes, etc... en un mot fasse un dessin animé. L'art n'est pas réservé aux artistes ayant pignon sur rue. Un savant peut très bien être aussi artiste. C'est pourquoi, nous considérons que ce genre

d'animation est un dessin animé, dans le sens où il a été défini plus haut.

A la lumière de cette mise au point, nous comprendrons peut-être mieux maintenant pourquoi les artistes animateurs refusent aux informaticiens le droit de parler d'ANIMATION. Ils admettraient à la rigueur le terme de cinéma. Sinon, il nous faut inventer un nouveau terme.

Quelle est la différence entre cinéma et animation?

Dans le premier, on enregistre, on filme quelque chose qui bouge, qui se transforme devant la caméra.

Dans la seconde, on travaille image par image. C'est une reconstitution du mouvement, on ne reproduit pas un mouvement réel, mais on en crée un original. Ce qui se passe entre chaque image est pensé, voulu, créé par l'artiste.

Dans la mesure où lorsque l'on travaille à l'aide de l'ordinateur, toutes les images ne sont pas contrôlées par l'animateur, ou beaucoup d'entre elles sont obtenues par calcul à partir d'images fournies par le dessinateur, on comprend que le terme d'animation prête à discussion. Pour l'instant, il est peut-être prématuré d'inventer un nouveau mot. L'ordinateur n'a pas encore fait suffisamment ses preuves. Nous continuerons donc à employer le terme de dessins animés faits à l'aide de l'ordinateur. Ce sera le sujet de notre travail. On pourrait peut-être désigner toutes les catégories dont nous venons de parler plus haut, y compris la dernière, par l'expression: "films graphiques fabriqués avec l'appui de l'ordinateur".

Nous continuerons aussi à employer le terme d'animation, car il est commode, mais en sachant qu'il est impropre.

Le sujet défini, nous pouvons examiner les travaux s'y rapportant.

Peu après l'apparition des premières consoles graphiques vers les années soixante, on commença à s'intéresser aux "dessins animés" sur ordinateur. Pour situer le début des études sur le sujet, notons que le premier système fut celui de Kenneth C. KNOWLTON en 1964. Nous y reviendrons plus tard.

Plutôt que de donner une analyse chronologique, nous avons dégagé quelques grandes directions de recherche qui parfois se recouvrent les unes les autres.

Précisons d'abord que nous nous sommes limités aux dessins à deux dimensions, car déjà à ce niveau le problème d'animation n'est pas encore bien résolu. Il est difficile de dessiner un objet dans l'espace sans laisser aucune trace, il faudrait un milieu dans lequel on puisse imprimer, que l'on puisse graver. Nous ne parlerons donc que des travaux concernant l'animation à deux dimensions. Ceux-ci peuvent se répartir en deux grandes catégories:

- Plusieurs ont essayé d'élaborer un LANGAGE D'ANIMATION.
- D'autres se sont surtout intéressés à l'INTERPOLATION entre plusieurs dessins.

Notons, pour l'instant, jusqu'à plus ample précision, que les termes "dessin", "image", sont employés dans leur sens habituel, c'est-à-dire que leur frontière comportera un certain flou. Le dessin animé peut donc être envisagé de deux façons différentes:

- L'importance du dessin, de la manipulation du dessin, peut rrapper en premier lieu. En effet, l'illusion du mouvement est donnée par une succession, dans le temps, de dessins. D'où l'accent donné à la construction de dessins, possible même pour des gens ne sachant pas très bien dessiner, avec des facilités d'édition et de gestion. Beaucoup de programmes se sont arrêtés

là. La prise de vue est ensuite faite image par image, à l'aide d'une caméra, commandée ou non par l'ordinateur.

D'autres ont été plus loin, ont introduit des notions de trajectoires, de rythmes etc... Or les langages informatiques usuels ne sont faits que pour traiter des quantités numériques. Pour manipuler tous ces nouveaux concepts graphiques, spatiaux, temporels, il devenait donc nécessaire de créer un langage spécifique.

- La seconde façon d'envisager le dessin animé peut être plus globale. Finalement, animer un dessin, cela revient à tracer les "dessins-clés" (*) qui expriment la ligne générale du mouvement; puis à effectuer les "dessins intermédiaires" (*) qui viendront s'insérer entre les "dessins-clés" (*) pour donner au mouvement sa continuité, sa fluidité. Le problème est donc:

Connaissant les "dessins-clés" (*), comment effectuer automatiquement, par programme, les "dessins intermédiaires" (*) qui permettront de passer d'un "dessin-clé" (*) à l'autre? Ce problème a déjà été posé en termes mathématiques et prend alors le nom d'interpolation. Il s'agit en général d'interpoler entre des valeurs numériques. Il faut ici adapter la méthode à des configurations de points non convexes, et comportant un nombre de points différents. (Cf. Fig. 1)

(*) Ces termes sont définis de façon précise dans le paragraphe TECH. TRAD. D'ANIM. 1.B

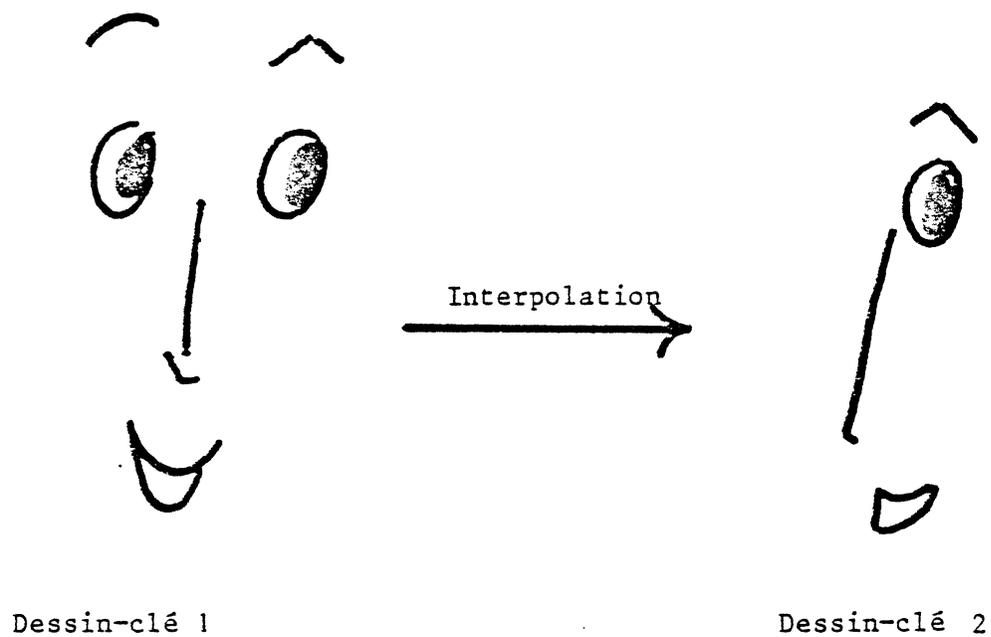


Fig. 1

L'interpolation entre les dessins-clés 1 et 2 devra donner une suite de visages où l'on verra disparaître peu à peu l'œil droit.

Parlons maintenant des travaux eux-mêmes.

A - Travaux aboutissant à un langage d'animation

Descendant à des niveaux plus ou moins élémentaires, plusieurs langages ont été proposés. Le défaut de beaucoup d'entre eux est de trop s'attacher aux détails, d'exprimer toutes les variantes possibles, de vouloir tout faire, ce qui aboutit à des langages qui rebutent à cause de l'abondance de leur vocabulaire.

Jusqu'à présent, aucun langage n'a réussi à s'imposer. Il est trop tôt. Le matériel adéquat n'a pas encore été bien défini. En effet, il faut que celui-ci soit facile d'emploi et peu coûteux. Cela se fera quand de nombreux systèmes opérationnels différents tourneront et auront été mis à l'épreuve pendant un certain temps.

Nous signalerons les travaux suivants:

- Ceux de K.C. KNOWLTON que nous avons déjà mentionnés plus
===== haut: "A computer technique for producing animated movies".
1964 Bell Telephone Laboratories, Incorporated Murray Hill,
New Jersey Proceedings-Spring joint computer conference, 1964.

Sujet:

Ce système n'est pas conversationnel: toute modification du dessin exige une correction du programme, ce qui demande à l'animateur d'être informaticien et alourdit la mise au point. Le système n'admet pas les dessins tracés à la main. L'accent est mis sur la possibilité d'exécuter les dessins préalablement programmés, de peindre, de déplacer, d'agrandir ou diminuer une surface quelconque, de cadrer une partie de l'image.

Exemple d'instruction:

IFANY (B,R,10) (B,A,C) (A,F,7) T (A,T,B) (A,U,2) (A,W,3) LOC5
Cette instruction est divisée en deux parties séparées par un T. La partie droite indique les déplacements à effectuer sur le curseur A si les curseurs A,B,C se trouvent dans la position Indiquée par la partie gauche. Si la condition n'est pas réalisée le contrôle est donné à l'instruction suivante. Un

programme permet de gérer les images ainsi obtenues.

Cette instruction est difficile à lire pour un non informaticien.

Ordinateur utilisé

IBM 7090.

Essais cinématographiques

Les films de Lilian SCHWARTZ.

Les possibilités de dessins et d'animation étant assez limitées, les déformations des surfaces colorées sont soumises à des fonctions aléatoires. On regarde ensuite ce que cela donne. Bien que l'artiste profite souvent du hasard, le hasard seul n'est jamais artiste. Or, l'ordinateur peut fournir un nombre infini de combinaisons de figures. Il reste à l'artiste à faire un choix et à éviter l'écueil de vouloir tout mettre. Lorsqu'un choix sans complaisance a été fait, la partie utile est si minime par rapport au travail fourni par l'ordinateur, que l'intérêt de ce dernier n'est plus évident. En effet, l'intuition de l'artiste va plus vite que l'ordinateur. Pourtant L. SCHWARTZ dit elle-même: "Je découvre que j'apprends tous les jours un peu plus et c'est ce que j'aime dans le "computer art": je n'ai pas encore maîtrisé cet instrument..." (*)

Cela est d'autant plus difficile que le système de K.C. KNOWLTON n'est pas conversationnel et ne permet donc pas un dialogue de tous les instants: artiste-ordinateur.

Par exemple, comme l'explique L. SCWARTZ: "UFO est un mélange de trois programmes. En fait, des déchets que j'ai ramassés dans la corbeille d'un programme d'atomes et de molécules. Quand j'ai vu les images, je me suis rendue compte que l'apport correct de couleur pouvait produire une image très excitante avec une vitesse qui quelquefois vous dérange..." (*)

C'est faire du "collage" ou de la "compression" comme PICASSO et CESAR, c'est-à-dire employer un outil dans un but autre que ce pourquoi il est fait, il est qualifié. On ne peut alors parler d'animation à l'aide de l'ordinateur mais à l'aide de déchets d'ordinateur, c'est "l'ordinateur-objet".

Filmographie

- Pixillation (4 mn)
- Innocence (2,5 mn)
- Olympiad (3 mn)
- UFO's (3 mn)
- Affinities (5 mn)
- Mathems (2,5 mn)
- Galaxies (4,5 mn)
- Kimsis (5 mn)
- Picture from a gallery (5 mn)
- Apotheosis (4,5 mn)
- Methamorphosis (8 mn)
- Metathesis (3 mn)
- Mistakes (3,5 mn)
- Googolplex (5,5 mn)
- Collage (5,5 mn)
- Enigme (5 mn)

(*) Paroles prononcées par L. SCHWARTZ au Centre Culturel Américain (PARIS) à la soirée "Computer Art", du 29 Avril 1976.

- Ceux de R.M. BAECKER au M.I.T. "Interactive computer-mediated animation" Ph.D. Thesis, M.I.T. Juin 1969

Sujet

C'est tout d'abord un système conversationnel. Le dessin peut se faire à main levée et s'obtenir immédiatement, en temps réel, sur une console de visualisation. On peut alors le modifier et voir immédiatement le résultat de la correction, etc...

De plus, l'auteur a introduit la notion de TEMPS, P-COURBE et de RYTHME. Une P-COURBE décrit la variation d'un paramètre, attaché à un dessin, en fonction du temps, c'est-à-dire image par image.

Le RYTHME est l'intervalle de temps qui sépare deux images. Ces notions sont très importantes si l'on parle d'animation.

Le système de R.M. BAECKER est donc très complet, permet beaucoup de choses, entre autres l'extension du langage par l'utilisateur. Mais ceci s'accompagne d'une grande complexité de langage et d'utilisation de celui-ci. Le langage défini par R.M. BAECKER ressemble fort à un langage informatique de haut niveau, satisfaisant pour des informaticiens, mais peu engageant pour des artistes.

Ordinateur utilisé

TX2 COMPUTER du Laboratoire LINCOLN du M.I.T.

Essais cinématographiques

Nous n'en connaissons aucun pour l'instant.

B - Travaux basés sur l'interpolation

Si, l'on veut contrôler parfaitement les dessins intermédiaires, l'interpolation exige une étude assez approfondie.

Comment interpoler pour que le passage d'un dessin-clé à l'autre, ne présente pas de discontinuité? Comment contrôler la densité des dessins intermédiaires? etc... Cela amène à se poser le problème suivant:

1 - Définition du dessin

Comment va-t-on décrire celui-ci? Un ensemble de points ne suffit pas. Ces points doivent être reliés par des segments visibles ou invisibles. On peut regrouper les segments visibles adjacents pour former des éléments du dessin. Le sens du tracé peut aussi entrer en ligne de compte. Un repère local peut être nécessaire etc...

2 - Remaniement des dessins-clés entre lesquels on désire interpoler

On a plusieurs dessins parfaitement déterminés, mais dont les définitions, les structures respectives ne se correspondent pas et ne permettent pas l'interpolation. Il faut donc leur appliquer un opérateur qui, sans changer leur forme, leur donne une structure identique qui permettra d'effectuer la correspondance entre les différentes parties des dessins lors de l'interpolation.

3 - Comment représenter l'ensemble de points

L'ensemble de points que comporte un dessin, constitue l'une des données nécessaires qui définissent ce dernier. On peut choisir plusieurs représentations:

- coordonnées cartésiennes
- coordonnées polaires
- coefficients de FOURIER

On peut d'ailleurs s'intéresser aux segments au lieu de s'intéresser aux points.

4 - Déroulement de l'interpolation

Comment contrôler sa vitesse, sa durée, son sens?

5 - L'interpolation elle-même

Choix entre:

- Interpolation linéaire
(Elle présente des discontinuités dans le mouvement)
- Interpolation polynomiale
(Exemple: polynomes de LAGRANGE)
etc...

Le sujet est donc assez étendu. Il faut aussi prévoir des options standards pour que toutes ces possibilités variées ne soient pas trop lourdes à l'usage.

Ont donc travaillé dans ce sens:

- N. BURTONYK et M. WEIN National Research Council of Canada -
OTTAWA

=====

- "Computer animation of free form image", June 1975
Proceeding of the second annual conference on computer
graphics and interactive techniques-SIGGRAPH'75 Volume 9
Number 1 - SPRING 1975 BOWLING GREEN, OHIO-

- "Interactive skeleton techniques for enhancing motion
dynamics in keyframe animation", October 1976. Communication
of A.C.M. Volume 19, Number 10.

Sujet

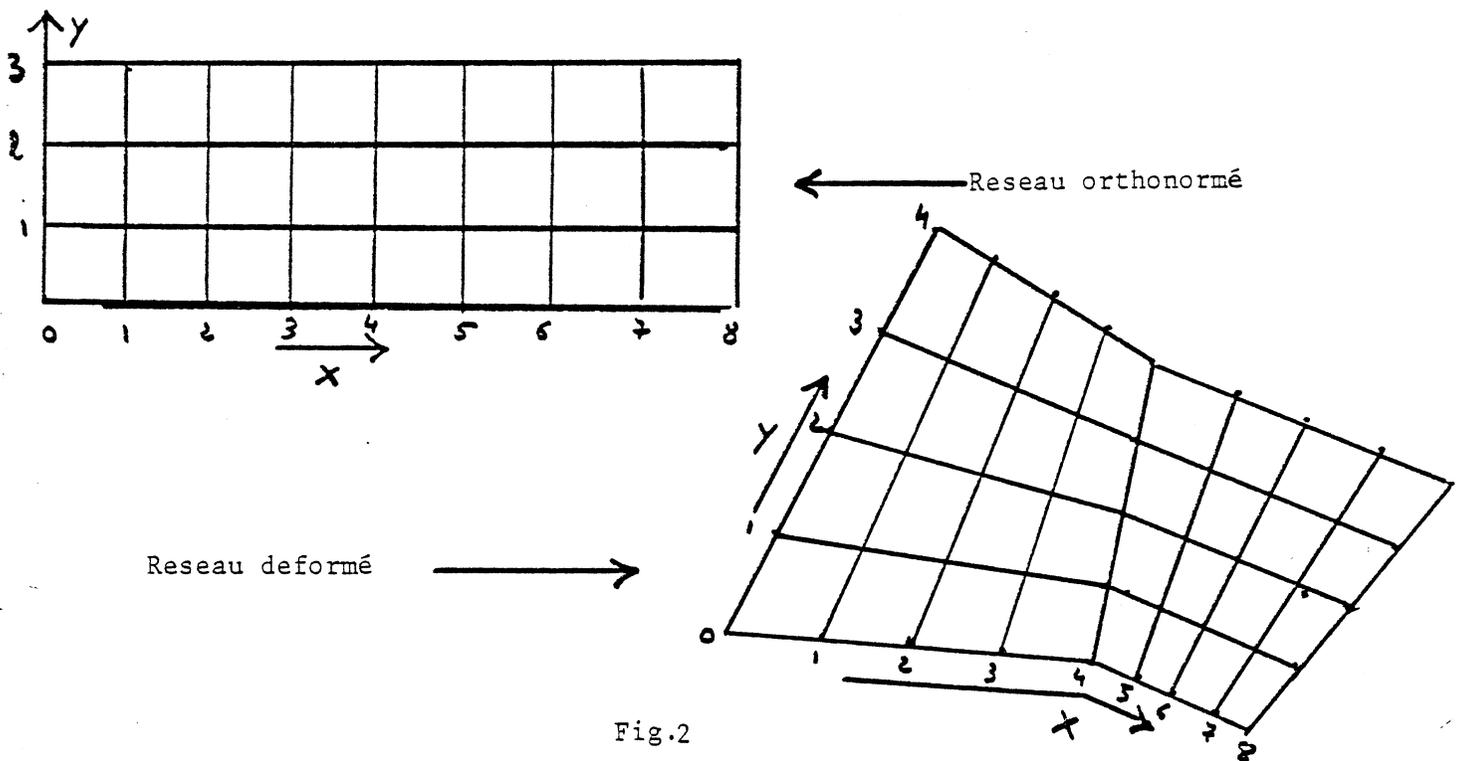
L'interpolation des images successives n'est pas linéaire, mais se fait sur une courbe de lissage joignant les points correspondants d'une image à l'autre. De plus, les progressions sur les différentes courbes de lissage sont ajustées pour être compatibles entre elles. Cela permet de

mieux dominer le mouvement.

Pour diriger complètement la forme des images intermédiaires, le système permet d'ajouter les "images-clés" supplémentaires à l'aide d'"images squelettes". Celles-ci comportent peu de points et ne demandent donc pas de la part du dessinateur un effort supplémentaire important, conservant par là son intérêt à l'usage de l'ordinateur.

Il est peut-être intéressant de donner quelques précisions sur cette technique.

Au lieu de transformer des images définies dans un espace à deux dimensions, R^2 , fixe, l'idée est d'avoir des images fixes définies dans un espace que l'on déforme. Les images sont dessinées sur une surface en caoutchouc que l'on peut étirer dans tous les sens. Ces espaces déformables sont des réseaux de mailles quadrangulaires. Les transformations géométriques permettant le passage d'un réseau à l'autre sont des transformations conformes.



L'image squelette, qui est une image très simplifiée, représentant dans les grandes lignes une image assez complexe, sera un réseau attaché à cette dernière ou plus exactement une portion de réseau. Cette portion de réseau aura toujours la même structure:

- un axe central ou "core" servant d'axe des x
- deux frontières latérales à la distance 1 de l'axe central
- une des frontières restantes servant d'axe des y

Les coordonnées de l'image réelle dans cet "espace squelette" seront les "coordonnées relatives" de l'image.

Exemple

Considérons l'image réelle suivante:

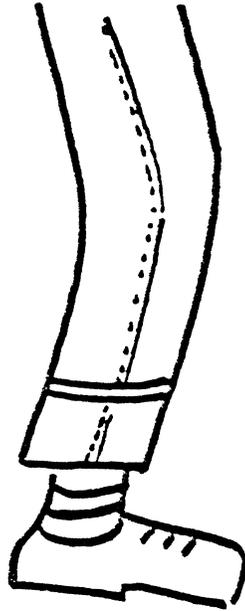


Fig. 3

L'image squelette correspondante sera de la forme suivante:

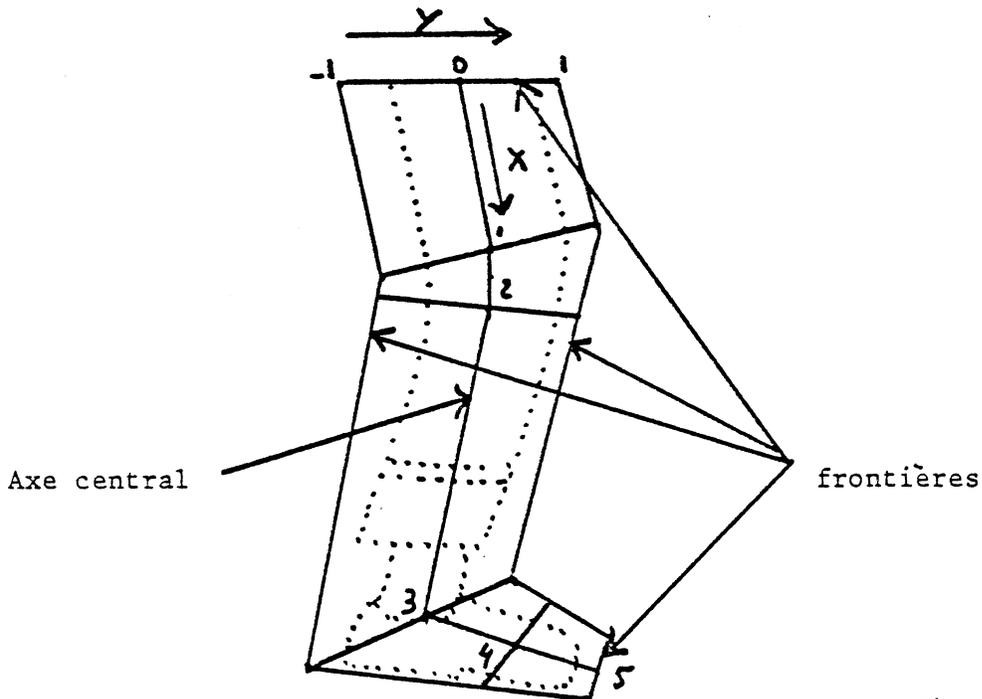


Fig. 4

En pointillé, l'image réelle correspondante ne fait pas partie du "squelette".

Pour une image donnée, c'est le dessinateur qui dessine le squelette correspondant. L'interpolation peut se faire à deux niveaux:

Au niveau des squelettes en coordonnées absolues

L'interpolation directe entre deux images réelles ne paraît pas assez fine à l'animateur. Celui-ci dessine les squelettes correspondants de l'image de départ et de l'image d'arrivée. Le système calcule les coordonnées relatives correspondantes. L'animateur peut alors ajouter des "squelettes-clés" supplémentaires s'intercalant entre l'image de départ et celle d'arrivée. L'interpolation se fait alors en coordonnées absolues, c'est-à-dire dans R². Quand celle-ci semble satisfaisante, les coordonnées relatives permettent d'obtenir les images réelles correspondantes.

En coordonnées relatives

Les mêmes processus d'interpolation peuvent être appliqués aux images en coordonnées relatives. On se place alors dans des réseaux orthonomés.

Remarque: Les squelettes ne doivent pas être utilisés automatiquement, mais seulement pour les mouvements complexes.

Ordinateur utilisé

- C'est un mini-ordinateur SEL 840A

- Programme fait en assembleur.

Essais cinématographiques

Peter FOLDES, peintre hongrois, à la fois cinéaste et animateur, commence en 1971 à travailler sur l'ordinateur canadien ci-dessus. En deux jours, il réalise "METADATA". En

dessin animé traditionnel, il aurait peut-être fallu un ou deux mois, mais de toutes façons, certains passages auraient été impossibles à réaliser manuellement.

En 1974, une nouvelle collaboration avec l'Office National du Film du Canada lui permettra de réaliser le court-métrage "LA FAIM" qui a eu du succès lors de sa présentation au festival de CANNES. Ce dernier a été réalisé en trois mois.

filmographie sur ordinateur de Peter FULDES

1971 - METADATA (8'30) sur ordinateur canadien
. Bert Film - American Computer Film Festival
. Prix du "Design" - OBERHAUSEN, 1972

1972 - NARCISSUS (6') sur ordinateur américain
. Grand Prix du Festival d'Animation, NEW YORK
. Prix special du festival d'Animation, ZAGREB

1974 - LA FAIM (11'22) sur ordinateur canadien
. Prix special du Jury, CANNES

- VISAGE sur ordinateur canadien

N.B. Aucun des films réalisés au Canada n'a utilisé la méthode des "squelettes" qui n'était pas encore implantée.

- COMPARETTI C.E.A. - Centre de LIMEIL BREVANNES

=====

. ANNECY - Un système d'animation par ordinateur, Juin 1974.

. D.A.A.O. - Dessins Animés Assistés par Ordinateur
programme en cours.

Sujet

G. COMPARETTI préfère, aux méthodes mathématiques élaborées, des algorithmes simples, faciles à contrôler par l'animateur et faciles à mettre en oeuvre sur mini-ordinateur.

A/ Méthode utilisée dans ANNECY

Soient $A_1 B_1 \dots A_n B_n$ les courbes que l'on veut interpoler. Quatre étapes sont nécessaires:

- Egalisation des courbes deux à deux, de façon à leur donner temporairement le même nombre de points.
- Tracé de deux courbes de lissage passant respectivement par $A_1 \dots A_n$ et $B_1 \dots B_n$.
- Sur ces courbes de lissage
entre : . A_i et A_{i+1} d'une part
 . B_i et B_{i+1} d'autre part
($i = 1 \dots n-1$)

Répartition équilibrée d'un certain nombre de points:

. $P_1 \dots P_k$
. $Q_1 \dots Q_k$

Correspondant aux positions intermédiaires voulues.

- Sur la suite, ainsi obtenue, de quadrilatères curvilignes dont les côtés opposés deux à deux ont le même nombre de points, est appliquée la méthode de TAKAO et JUNJI TSUDA (SJCC 67).

MiURA

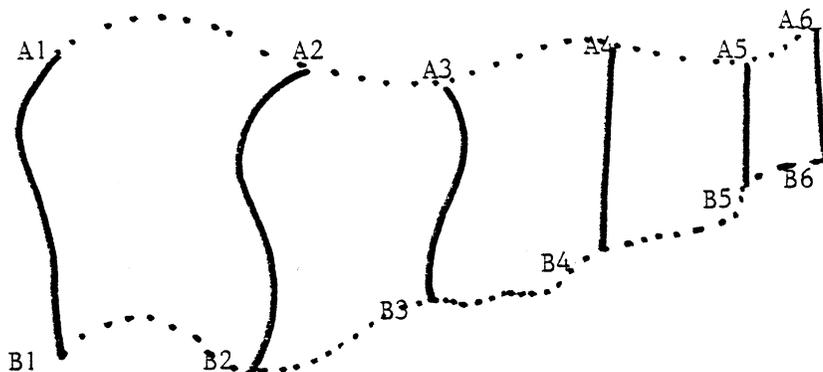
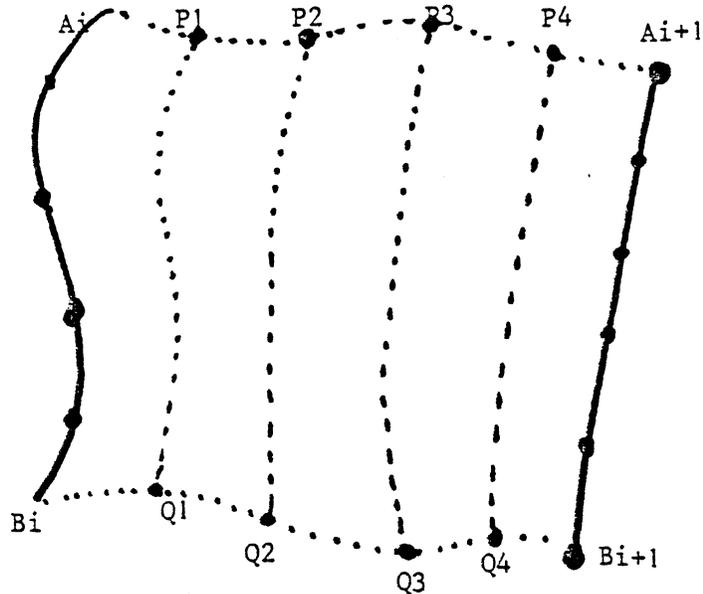


Fig.5

Suite de courbes à interpoler



Quadrilatère curviligne sur lequel on applique la méthode
TAKAO MIURA et JUNJI TSUDA

Fig. 6

Cette méthode fait intervenir deux matrices de similitude transformant respectivement

$A_i B_i$ en $P_j Q_j$
et $A_{i+1} B_{i+1}$ en $P_j Q_j$

B/ Méthode utilisée dans D.A.A.O.

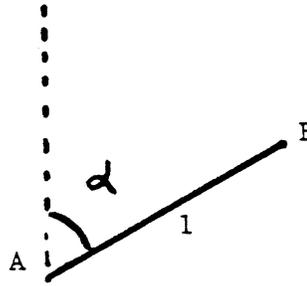
Cette méthode permet de stocker un moins grand nombre de données en machine. Comme pour N. BURTNYK et M. WEIN cités plus haut, l'interpolation se fait à deux niveaux: l'un absolu, l'autre relatif.

Représentation d'un dessin

- Le dessin est décomposé au gré de l'animateur en plusieurs éléments.

- A chaque élément est associé un référentiel orthonomé défini par deux points A, B déterminant le vecteur unitaire.

Fig.7



Interpolation

Deux niveaux d'interpolation:

- L'interpolation des référentiels
- L'interpolation relative décrivant la déformation d'un élément par rapport à son séquentiel.

La seconde est obtenue par simple interpolation linéaire entre deux extrêmes.

La première peut être faite de deux façons:

- 1/ Interpolation analogue à celle utilisée dans ANNECY sans faire de quatrième étape.
- 2/ Interpolation de l'origine, l'angle et la longueur

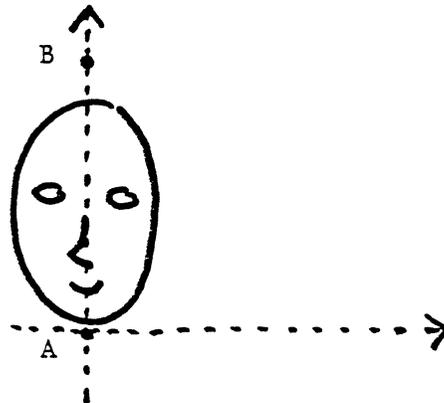


Fig. 8

AB est défini par son origine A, sa longueur l et l'angle alpha qu'il fait avec la verticale.

La méthode d'interpolation utilisée est celle de HIROSHI AKIMA (ACM, Oct.72).

L'interpolation entre deux points se fait à l'aide de polynômes de degré 3. Pour déterminer la tangente en un point, on se sert des quatre points voisins. L'application de cette méthode n'exige pas de procédures interactives et par conséquent ne pose pas de problèmes de convergence. La marge d'erreur peut être préfixée.

Ordinateur utilisé

CONTROL DATA série 6400.

Essais cinématographiques.

"Cinéma par ordinateur" réalisé par G. COMPARETTI, a été projeté notamment lors du Festival International du film abstrait de MONTPELLIER en Décembre 1976.

c-Travaux de Michel LUCAS et de son équipe

Nous mentionnerons, de façon spéciale, l'Équipe de Technique Graphique* de l'Université de GRENOBLE animé par Michel LUCAS avec qui nous avons collaboré les trois dernières années et dont les travaux ne rentrent pas vraiment dans les deux catégories précédentes:

- "Techniques de programmation et d'utilisation en mode conversationnel des terminaux graphiques"

Thèse de Doctorat de troisième cycle, GRENOBLE, Juin 1968.

- "Un système conversationnel pour la construction et la manipulation des images"

Communication présentée dans le cadre du Colloque sur les Systèmes Conversationnels, tenu à Grenoble les 21 et 22 Novembre 1968; Actes publiés chez DUNOD; Monographie d'Informatique no. 6.

- "Production de dessins animés à l'aide d'un terminal graphique"

Congrès AFCET 1972, GRENOBLE, 6-9 Novembre 1972.

- "Éléments pour un système de production d'images dynamiques"

(M. LUCAS et F. MARTINEZ)

Séminaire à la Faculté de GRENOBLE, 7 Mai 1976 F.Martinez finit d'écrire sa thèse qui va paraître sous peu et sous le titre: "Etude des problèmes de conception et de réalisation d'animation: Le Systeme SAFRAN"

Sujet

Le souhait de Michel LUCAS est d'unifier et de formaliser, de modéliser le processus d'animation.

Nous allons essayer d'expliquer dans les grandes lignes ses idées.

Le système chargé de l'animation devra pouvoir:

- 1/ Construire un ensemble de valeurs.
- 2/ Indiquer comment un ensemble de valeurs est sélectionné à un instant donné.
- 3/ Interpréter différemment un même ensemble de valeurs à des instants variés.

Cela revient donc à manipuler des ensembles de valeurs, donc toujours des éléments de structure analogue.

On voit de plus apparaître les notions suivantes:

- D'abord celle de loi d'évolution qui permettra de décrire les variations en fonction du temps des ensembles de valeurs cités ci-dessus.
- Puis celle d'interprétation qui permettra de considérer un ensemble de valeurs comme un dessin, une trajectoire, un ensemble de transformations etc...

L'opération (2) et l'opération (3) reviennent à appliquer sur un ensemble de valeurs, une fonction d'animation. Pour avoir une animation efficace, le système doit, quand cela a un sens, composer ces fonctions d'animation. Les lois de composition pourront être soit standard, soit fournies par l'utilisateur.

L'idéal serait de donner au système la possibilité d'apprentissage. L'animateur pourra de lui-même définir de nouvelles fonctions d'animation, de nouvelles lois de composition. La forme du langage utilisé pour manipuler toutes ces notions sera très importante pour l'utilisateur.

Toutes ces idées et concepts ont été développés, remaniés et mis en oeuvre récemment, par Francis MARTINEZ. Celui-ci a basé son système essentiellement sur l'interpolation.

- "Techniques de passages d'un dessin à un autre par déformations successives - Application à un système d'animation" Francis MARTINEZ, RR no. 65, Janvier 1977 Université Scientifique et Médicale et Institut National Polytechnique de GRENOBLE.

Essai cinématographique

Pas de films encore réalisés avec ces techniques.

d- Conclusion

Cet aperçu historique nous montre donc qu'à part l'étude canadienne de N. BURTONYK et M. WEIN, toutes les réalisations ont été faites sur des gros ordinateurs et ont donc exigé un matériel encombrant et très coûteux.

Les langages d'animation ont un aspect extérieur beaucoup trop "informatique" et sont peut-être au départ trop riches, ce qui n'encourage pas les artistes à s'en servir.

Par contre, l'un des points sur lequel l'on semble avoir pas mal avancé est l'interpolation. Il suffit de regarder les dessins animés de Peter FOLDES. Cela lui a même permis de baser sur celle-ci un nouveau style. Dans "La Faim" les personnages ne se déplacent pas dans le décor, ou d'un décor à l'autre, c'est le décor qui change: la salle à manger devient peu à peu salle de bains etc...

De plus, les films de Peter FOLDES nous montrent l'intérêt, la possibilité de faire de l'animation sur un petit ordinateur. Peter FOLDES lui-même en est persuadé: "Le visage" est un film que je n'aurais pas pu faire à la main".

De plus, il ne faut pas craindre de faire un système qui soit encore limité. "Du point de vue de la création, les contraintes sont toujours très bonnes".

Il semble donc intéressant de:

==> faire un système qui puisse être supporté par un mini-ordinateur.

==> Créer un langage d'animation le plus simple possible accessible à tout le monde.

L'étude historique nous a permis de dégager la direction dans laquelle travailler. Mais ce n'est pas surrisant pour aborder immédiatement l'aspect informatique du problème. Sinon, nous risquons de faire un système qui amuse à la rigueur les informaticiens, mais ne présente aucun intérêt pour un artiste animateur. Pour aller plus avant, il nous faut donc nous familiariser avec la technique cinématographique et d'animation et essayer de nous pénétrer de l'esprit de l'artiste si nous voulons être d'une aide quelconque pour ce dernier.

Après avoir donné la définition de quelques termes techniques indispensables, nous expliquerons dans les grandes lignes comment se fabrique un dessin animé. Chaque atelier d'animation a, bien sûr, ses propres techniques, ses astuces. Mais nous essaierons de dégager les points communs. Ce sera seulement une première approche, qui permettra à ceux qui le désirent, d'aborder des ouvrages spécialisés.

--Terminologie--.

Les définitions suivantes seront données dans un certain ordre logique et non pas alphabétique.

A - Les différentes unités d'un film

Nous irons du plus petit au plus grand:

1/ La technique cinématographique entre en jeu

Le plan

Un plan est la longueur matérielle du film prise entre le moment où le déclencheur de la caméra a été mis en route puis arrêté.

Il correspond donc à une certaine position de la caméra par rapport à l'action filmée.

On peut diviser les plans en deux grandes catégories: les plans fixes et les plans non-fixes.

Les plans non-fixes

- Les panoramiques

Obtenus par un pivotement en arc de cercle de la caméra autour de son point de fixation. Ces pivotements peuvent être horizontaux, verticaux ou obliques.

- Les "travelling"

Obtenus par un déplacement physique de la caméra et de son support. Celle-ci peut aller en avant, en arrière, ou accompagner latéralement son sujet.

On peut obtenir un travelling optique, réalisé sans bouger la caméra, en manoeuvrant le zoom. Ce dernier est un objectif à focale variable.

Les plans fixes

La caméra reste immobile. La position de la caméra est définie par l'éloignement et l'angle de prise de vue.

Pour qualifier l'éloignement, on utilisera les adjectifs:

- de grand ensemble
- général
- moyen
- américain
- gros
- très gros

Pour l'angle, on utilisera:

- en plongée
- en contre-plongée

Le plan est donc l'unité de base cinématographique du montage qui est l'art d'assembler les plans.

2/ La technique cinématographique n'entre pas en jeu

La scène

C'est une fraction de scénario généralement définie par l'unité de lieu, de l'action et des personnages (ou acteurs).

Séquence

C'est une suite de scènes s'enchaînant pour former une action définie. Une séquence se situe généralement dans un même lieu, mais elle peut aussi, quand l'action l'exige, se dérouler à travers différents décors.

Film

Un film est un ensemble de séquences.

B - Les différents éléments servant à la description d'un film

1/ La technique cinématographique n'intervient pas

Le synopsis

C'est le récit en quelques lignes, une page dactylographiée au maximum, de l'histoire que le cinéaste se propose de raconter.

Scénario

Le sujet du film y est écrit de façon très complète sous la forme d'une histoire, mais contrairement au découpage, la technique cinématographique utilisée n'est pas décrite.

2/ La technique cinématographique intervient

Le découpage

Le découpage est le schéma directeur que suivra le réalisateur pour tourner son film: les scènes y sont inventoriées, les plans et les angles succinctement indiqués. Le jeu des acteurs et les effets spéciaux y figurent également en abrégé.

FILM

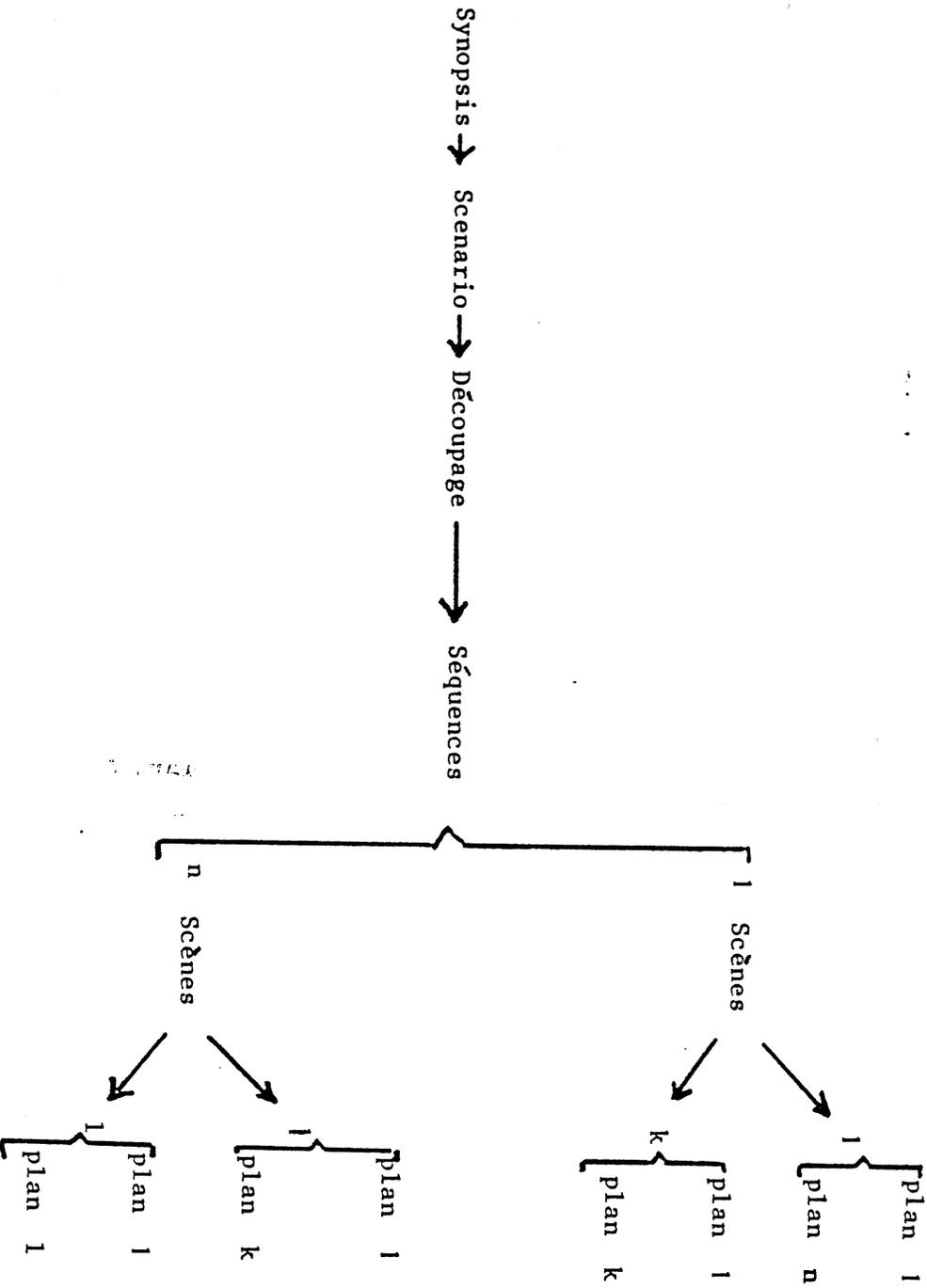


Fig. 9

Comment fait-on, "à la main", un dessin animé?

1 - Conception du film

Comme pour un film ordinaire, il faut faire un synopsis, un scénario. Cependant, la suite des opérations sera un peu différente car ici les acteurs sont des dessins.

Le découpage

Au cours du découpage, l'artiste fixe dans les grandes lignes les images à concevoir et leur mouvement pour chaque plan, le nombre de plans et la durée approximative de ceux-ci.

Il exécute ensuite le STORY-BOARD, appellation d'origine américaine qui désigne le tableau d'images, c'est-à-dire la suite complète des dessins schématisés qui formeront le film. C'est le correspondant graphique, l'illustration du manuscrit matérialisant le découpage. Ce tableau très important est longuement discuté et remanié puis fixé au mur. Le réalisateur l'aura ainsi constamment sous les yeux.

La mise en scène

Celle-ci concerne la description détaillée du film, aussi bien au point de vue dessin que prise de vue.

Il s'agit donc de définir, avec précision, tous les mouvements d'acteurs, de décor et même de caméra.

Pour chaque plan, le metteur en scène procédera donc de la façon suivante:

- La définition des dessins le composant.
- La description sur papier avec force détails de l'essentiel que devra exprimer chaque dessin.
- La description de l'animation, proprement dite, qui se présente sous la forme d'un document appelé charte d'animation (*). L'importance de celle-ci est primordiale pendant toute la mise en oeuvre du film, pour l'animateur comme pour le cameraman. Elle se présente sous la forme d'une feuille de papier où l'on note dans une première colonne, pour un plan donné, tout le détail du mouvement image par image. La seconde colonne servira pendant la prise de vue pour noter ce qui a été fait et permettra d'arrêter ou de reprendre le tournage à tout moment. Nous avons, bien sûr, parlé de deux colonnes pour clarifier l'exposé; en réalité, chacune d'elles est composée de nombreuses sous-colonnes.

Au cours des deux premières étapes, le metteur en scène et l'artiste dessinateur travaillent de concert et s'entendent sur le style des dessins. C'est à ce moment-là que le dessinateur crée les acteurs, les personnages du film. Il réalise l'ensemble des dessins nécessaires au film en se basant sur le découpage. Ce sont les dessins de bases, non schématisés, correspondant au story-board.

Le cameraman filme alors, dans l'ordre du découpage, tous les dessins en prise de vue continue et à la longueur exactement prévue pour chaque plan. Cet avant-projet, inanimé, constitue le film pilote qui, après quelques projections, permet de voir s'il n'y a pas de "trous", si le film est équilibré, s'il faut dédoubler, ajouter, allonger ou raccourcir certains plans. Ceci revient à modifier le découpage et la mise en scène. On réitère l'opération jusqu'à satisfaction.

A ce stade, on peut dire que le film existe déjà sur papier. Il reste à mettre à execution ce qui a été prévu.

 (*) Terme employé par S.D. MARCHI et R.AMIOT dans "Le dessin animé d'amateur et l'animation".Après recherche, c'est le terme qui me semble le plus satisfaisant: au XIe siècle "charta" signifiait papier.

Conception d'un dessin animé

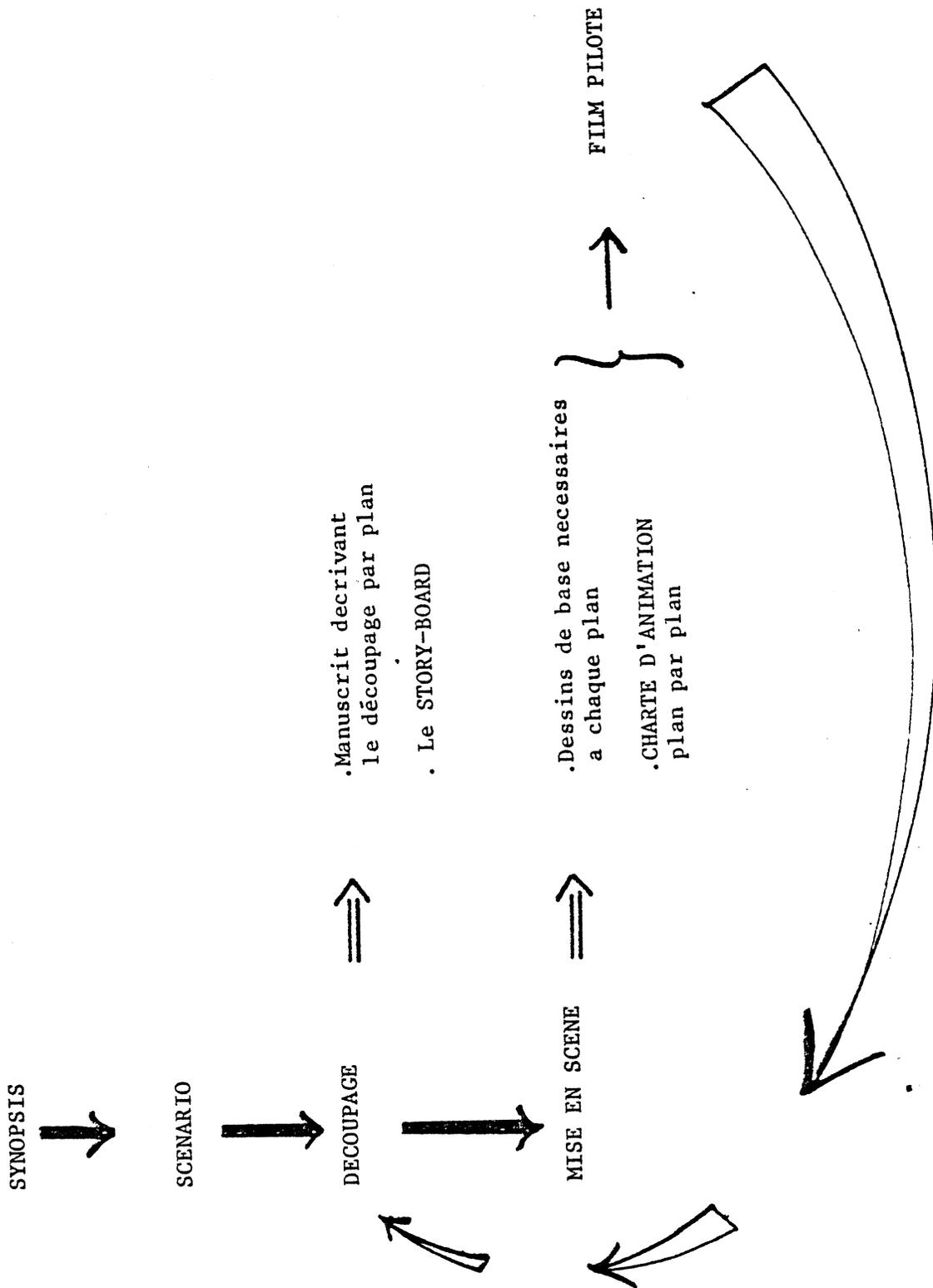


Fig.10

2 - La mise en oeuvre du film: L'ANIMATION

A - Cadence de projection

Tout dessin animé n'est rien d'autre que la projection, à une cadence donnée, d'une suite d'images variant insensiblement. L'impression de continuité, de coulé dans le mouvement, est due à la persistance rétinienne de l'oeil. En effet, l'oeil enchaîne les images si la cadence de projection est supérieure à 1/10 sec.

La cadence généralement adoptée est celle de 24 images par seconde car elle permet "l'analyse du mouvement" ou "l'animation au douzième de seconde". Cela réduit le travail graphique. Il suffit de 12 dessins par seconde. Chaque dessin est ensuite photographié deux fois au cours de la prise de vue. L'animation obtenue n'est pas saccadée, ce que ne permettrait pas la cadence de 18 images par seconde.

N.B. - Le terme image prend maintenant un sens précis: ce qui apparaît sur l'écran pendant 1/24 sec et par extension, pendant la durée où le dessin ne subit aucune modification.

B - Quelques précisions sur les principes d'animation

La "charte d'animation" est écrite. Le temps et les mouvements ont été prévus. Il faut maintenant passer au graphisme du mouvement qui peut s'effectuer dans les trois directions: hauteur, largeur, profondeur. Pour parvenir à une certaine vraisemblance et à une bonne continuité, il faut respecter les lois élémentaires de la cinématique, comme par exemple:

- Tout corps en mouvement est animé d'une vitesse et se déplace sur une trajectoire.
- Tout corps au repos ou en mouvement demeure dans l'état considéré. Ce dernier ne peut être modifié que par l'action d'une force extérieure.
- Toute force ou action appliquée à un corps en équilibre donne immédiatement naissance à une force égale et de sens contraire

ou réaction.

- Toute force appliquée à un corps ne provoque pas instantanément sa mise en mouvement. Elle doit d'abord vaincre l'inertie de ce corps.

A propos des mouvements relatifs et de la profondeur du champ:

- Un objet quelconque animé d'une vitesse constante se déplace toujours sur sa trajectoire d'une même fraction de sa longueur, dans l'unité de temps quelque soit l'endroit du champ où il se meut.

Dans le cas de mouvement rapide:

- Il faut revoir à la cadence de 24 images différentes, 24 Dessins par seconde.

- Il faut faire apparaître dans les dessins le flou et la déformation accompagnant les déplacements rapides.

- Le premier s'obtient par l'artifice des "filets de vitesse" série de traits parallèles au sens du mouvement, remplaçant toute la partie du dessin qui est sensée s'être déplacée rapidement.

- La seconde s'obtient par le tracé du dessin.

Pour certaines de ces règles, les professionnels ont même établi des abaques, au vu de calculs permettant leur application. Cependant, toutes ces lois d'animation et la façon de les résoudre ne sont pas impératives. Chaque artiste a sa façon d'animer suivant ce qu'il veut exprimer.

C - Model-sheet

La facture des dessins de base et la norme des personnages ayant été définies par le réalisateur et le créateur de dessins, l'animateur doit se familiariser avec eux. Pour cela, il croquera les acteurs principaux dans un grand nombre d'attitudes. La planche comportant toutes les attitudes d'un acteur est appelée le "model-sheet" de ce dessin.

D - Execution des dessins

Les supports

Les décors ou "fonds de plan" sont dessinés sur un support opaque, du papier par exemple.

Quant à la partie mobile du dessin, elle est réalisée sur des feuilles transparentes de "triacétate de cellulose" communément appelées celluloses, cellos, cells.

Ces feuilles transparentes permettent de tracer sur des supports différents, des dessins qui figurent sur une même image. Un dessin peut servir, ainsi, plusieurs fois.

Les dessins-clés

Il est plus facile de dominer l'animation si elle est exécutée, dans un premier temps, de seconde en seconde plutôt que de proche en proche, c'est-à-dire image après image. Le temps à allouer à chaque mouvement, la déformation des dessins, sont ainsi mieux maîtrisés.

Les dessins-clés tracés intuitivement, en accord avec le fond fixe de l'image, expriment alors le mouvement de la partie mobile de seconde en seconde.

Ensuite l'animateur restitue les attitudes-clés au "pifomètre" sur l'échelle exacte du temps. Par exemple, les dessins prévus aux temps 0, 12, 24, correspondent en fait, après une étude exacte du mouvement, aux cells 0, 10, 26. L'animateur doit donc diviser l'intervalle entre deux dessins-clés de la quantité nécessaire de dessins intermédiaires.

Le dessin intermédiaire

L'intervalliste exécute les dessins intermédiaires prévus par l'animateur entre deux dessins-clés.

E - Gouachage des cells

F - Prise de vues

Remarque :

=====

Conception et réalisation du film ont été exposées séparément et consécutivement pour la clarté de l'exposé. En fait, ces deux aspects de l'élaboration d'un dessin animé sont liés le plus souvent parallèlement et même de façon imbriquée. Par exemple, le découpage et la charte d'animation prennent leur forme définitive au cours de l'animation et de la prise de vue.

G - Les artisans du film

Jusqu'à présent, nous avons parlé de réalisateurs, d'animateurs, de dessinateurs créateurs, d'intervallistes, de cameramen, sans avoir précisé exactement leurs rôles respectifs.

Le réalisateur

C'est lui qui dirige et coordonne les activités de toute l'équipe qui participe à l'élaboration du film, qui impose un certain style au film. Il prend notamment en charge:

. le synopsis

. le scénario (quoique celui-ci peut être fait par un "auteur")

. le découpage

. la mise en scène

Le créateur de dessin

C'est lui qui crée les dessins, leur style, ce qui est très important pour le film.

Il s'occupe donc:

- des dessins de base
- des décors
- parfois des dessins-clés

L'animateur

Il est aussi un bon dessinateur, sachant reproduire le dessin du créateur. C'est lui qui fera les dessins-clés et mettra la dernière main au découpage définitif.

Les intervallistes

Ce sont eux qui exécuteront les dessins intermédiaires et le gouachage.

Le caméraman

Quant au caméraman, il s'occupe des prises de vues.

Quel est le principal artisan du film, celui qui le signe? Non, ne parlons pas d'auteur car ce terme est réservé dans la profession à celui qui écrit le scénario. Celui qui signe est en général le réalisateur. Mais à la différence du film ordinaire, le dessin animé peut être signé par deux personnes: le réalisateur et le créateur de dessin, dont les qualités d'artiste entrent en jeu de façon équivalente.

Par exemple, "la planète sauvage" est l'oeuvre de René LALOUX et TOPOR, respectivement réalisateur et dessinateur.

En réalité, maintenant, à part les grandes firmes comme WALT DISNEY, la plupart des dessins animés sont entièrement réalisés par une seule personne: réalisateur - dessinateur animateur - caméraman. Elle se fait à la rigueur aidée pour le gouachage.

Toutes ces considérations sur les différents artisans d'un film seront nécessaires pour comprendre comment s'intègrera l'ordinateur dans cette équipe et comment le faire

comprendre aux artistes.

Quant au terme d'animateur, que nous avons employé dans les chapitres précédents de façon vague pour désigner celui qui fait un dessin animé, nous préférons à partir de maintenant employer le terme d'artiste tout court, étant bien entendu qu'il s'agit d'artistes en dessin animé.

Maintenant que nous commençons à entrevoir le travail qu'exige la fabrication d'un dessin animé, nous pouvons nous poser la question: que peut-on faire avec un ordinateur?

Réalisateur : . initiative du film
===== . synopsis
 . decoupage
 . mise en scène

Auteur : .scenario
=====

Créateur de dessin: . dessin de base
=====

Animateur: . mouvements
===== . dessins-clés
 . charte d'animation

Intervalliste: dessins intermédiaires

Caméraman: prise de vues

Les artisans du film

Fig.11

Les deux chapitres précédents, historique et fabrication d'un dessin animé, nous permettent de dégager quatre domaines où l'ordinateur pourra être d'une aide évidente.

A - Prise en charge de tâches fastidieuses et descriptibles

Nous avons vu que l'aspect mise en oeuvre du dessin animé comporte au moins deux parties longues et ennuyeuses où l'art n'entre plus beaucoup en jeu:

- tracé des dessins intermédiaires
- prise de vues image par image

On pense tout de suite, pour effectuer la première, à étudier l'interpolation entre deux dessins-clés et à utiliser, pour la seconde, une caméra dont le "pas à pas" est à commande électrique, permettant ainsi de la manipuler par programme.

Mais, en se limitant à cela, l'on n'entre pas vraiment dans le domaine de l'animation. L'ordinateur exécute l'interpolation

De dessin en dessin, joue uniquement le rôle de l'intervalliste ou, par l'intermédiaire de la caméra, celui de cameraman.

On peut espérer qu'il puisse effectuer quelques-unes des tâches imparties à l'animateur.

Les deux manuscrits, découpage et charte d'animation, décrivent parfaitement l'animation et les "dessins-clés" construits à partir de "dessins de bases". Lorsque le passage d'un "dessin de base" à un "dessin-clé" peut être traduit en termes mathématiques, il est concevable alors que l'ordinateur prenne en charge la fabrication de ces dessins-clés et décide même de leur nombre, de leur opportunité. En effet, il peut ne pas être nécessaire d'en faire correspondre à chaque seconde. Il faut alors trouver un langage qui permette de communiquer

à l'ordinateur découpage et charte d'animation et de manipuler dessins de bases et dessins-clés.

Un autre domaine qui peut être assez fastidieux, que nous avons à peine abordé à propos des "filets de vitesse", est celui des effets spéciaux:

- travelling
- voilage
- cache (cache une partie de l'image)
- surimpression
- images multiples
- kaléidoscopes
- pluie, projectiles en tout genre
- répétition

Et d'autres qui s'appliquent plus particulièrement à des chaînes de caractères, pour les génériques par exemple:

- caractère standard mis en italique
- condensé
- agrandissement
- mise à l'échelle
- variation de composition
- etc...

La plupart de ces effets paraissent à première vue réalisables sur ordinateur. Nous en reparlerons lors de la description du système ANIMA.

B - Suppression de certains problèmes dus aux matériaux

Tout d'abord, le tracé et le gouachage des celluloses posent le problème évident de séchage. Ensuite, les nombreuses manipulations des cells peuvent les détériorer et entraîner un surcroît de travail.

Une autre difficulté est celle de la superposition des cells. En effet, plusieurs celluloses sont nécessaires pour composer une image. Cette superposition, à partir de trois ou plus, suivant l'éclairage en réflexion ou transparence, obscurcit le dessin de fond et détériore les coloris.

L'usage de l'ordinateur supprimant les celluloses en les remplaçant par des images sur écran cathodique ou simplement des données numériques stockées en mémoire, écarte les inconvénients.

C - Prise en charge de tâches impossibles ou très difficiles à la main

Si on le désire, l'ordinateur permet une précision mathématique dans le tracé de certaines courbes, une continuité dans l'animation que l'on ne pourrait pas atteindre à la main. Peter FOLDES précise qu'il n'aurait pas pu faire à la main le film "le Visage". L'interpolation entre objets dissemblables - la continuité dans la déformation imperceptible du visage qui passe de l'état de vieillesse à celui de jeunesse - ne pouvait pas être obtenue à la main.

D - Stimulation de l'imagination

L'ordinateur permettant d'explorer rapidement un vaste champ de possibilités stimulera peut-être l'imagination de l'artiste.

Par conséquent, si l'ordinateur réussit, sans museler l'expression de l'artiste, à exécuter les tâches un peu mécaniques citées plus haut, son usage semble déjà justifié. Mais, il faut que cette capacité s'accompagne, comme nous l'avons vu au chapitre II, d'un matériel le moins coûteux possible, c'est-à-dire d'un mini-ordinateur et de facilités d'accès, d'usage, c'est-à-dire d'un langage simplé.

Abordons maintenant le système ANIMA.



A - Objectifs de base

1 - Se placer par rapport à l'artiste

Comme nous l'avons déjà dit à plusieurs reprises, notre étude concerne un système d'animation destiné à des artistes en dessins animés, c'est-à-dire à des personnes, pour lesquelles, penser en termes de mouvements et dessins n'est pas un problème. Ce système s'adresse à des spécialistes en animation et n'a donc pas à se substituer à l'intelligence de l'artiste. Il doit rester un outil entièrement dominé et maîtrisé par l'utilisateur.

2 - Maîtriser la variable temps

Le problème principal n'est pas, comme beaucoup le pensent, un problème de perfection, d'habileté dans le dessin; l'animation étant ensuite obtenue par la succession des dessins défilant dans l'ordre voulu. Or, les qualités propres de l'artiste n'entrent réellement en jeu qu'au cours de cette seconde phase. Les dessins considérés individuellement peuvent être d'une très grande qualité, mais donner à l'animation un film quelconque. Par contre, on peut obtenir des films de très bonne qualité avec des dessins qui, regardés un à un, peuvent paraître sans valeur.

"La différence entre les images est plus importante que le contenu de chaque image. L'animation est l'art d'animer les interstices invisibles entre les images" disait Norman McLAREN en 1954.

De même, en 1947 Oskar FINSCHINGER précisait:

"Je suis intéressé par l'évolution d'un dessin, non par son expression définitive. Un élément cinématique doit faire partie d'eux. C'est grâce à lui que les dessins deviennent définitifs, absolus".

L'élément essentiel est donc la façon dont varie chaque dessin, le rythme de variation. Donc, le but vers lequel doit tendre un bon système d'animation est la maîtrise parfaite de la variable temps. Il doit permettre, ainsi, de nombreux essais en temps réel. Ces derniers ne pourront être appliqués, dans la plupart des cas, qu'à des dessins simplifiés, schématiques, représentants de dessins plus complexes, afin que le temps de

Les aller-et-retour répétés entre la matière, ici le mouvement, et l'artiste, permettront à ce dernier d'avancer, lui donneront de nouvelles idées. De même qu'un peintre ne prévoit jamais, avant de commencer une toile, tous les détails qui la composeront. Il a une idée, une impulsion qui le pousse à prendre ses pinceaux, à jeter un premier trait, une première ligne ou une touche de couleur qui, suivant le résultat, la réponse obtenue, l'entraîne à la touche suivante, à modifier sa conduite pour profiter des hasards.

Par contre, le dessin animé est l'un des seuls arts, avec la musique, qui nécessite, avant exécution, d'être défini sur papier dans tous les détails. On peut le comparer à une musique où les notes seraient les dessins, munis d'une composante cinématique, dont parlait Oskar FISCHINGER.

L'ordinateur pourrait être un outil qui permettrait un contact plus rapide avec le mouvement, de tester immédiatement l'intuition de tel ou tel déplacement, déformation, et donc d'enrichir l'expérience cinématique de l'utilisateur. L'ordinateur, alors, ne réfléchit pas à la place de l'artiste, mais en lui permettant d'aller plus vite et en accélérant sa compréhension du mouvement, le pousse à approfondir son art, à aller plus loin. "L'ordinateur nous oblige à savoir ce que nous voulons, à comprendre le mécanisme de la création, à voir, à ouvrir les yeux sur ce qui est beau et significatif" remarquait P. FOLDES au Festival de MONTPELLIER (Dec. 76).

Nous décrirons donc, en premier lieu, la partie statique du système concernant la réception et la gestion des données graphiques. Dans un second temps, nous aborderons la partie animation.

B - Principes de base relatifs à la conception de l'animation

Les deux objectifs de base énoncés plus haut nous amènent à envisager notre système de la façon suivante:

a- Gestion aisée de dessins à main levée

Nous avons vu que la capacité du système à accepter des dessins plus ou moins compliqués ne suffisait pas pour obtenir un bon dessin animé. Mais cette capacité est nécessaire. La manipulation du croquis ne doit pas gêner l'artiste. D'où, avant toute chose le système doit admettre les dessins à main levée, les stocker en mémoire, les gérer et grâce à de nombreuses opérations d'édition, de transformations, permettre de les manipuler, de les transformer.

Le fait d'archiver et de manipuler les dessins n'introduit aucune idée d'animation. C'est la partie statique du système.

b- Animer des objets articulés

Le terme objet n'a pas ici un sens précis, si ce n'est qu'il s'agit d'objets dessinés. Nous définirons plus loin, en temps voulu, de quels objets il s'agit.

Nous avons mentionné, dans le chapitre historique, deux façons d'envisager l'animation. Notre démarche se situe un peu à la charnière. L'interpolation restera un moyen important de passer d'un dessin à l'autre, mais ne sera qu'une transformation parmi d'autres.

Il est intéressant d'avoir des outils permettant de composer, d'associer des dessins pour en former de nouveaux, de maîtriser parfaitement le maniement, l'animation de chaque partie d'un dessin et d'appliquer à celle-ci des transformations géométriques simples, telles que la rotation etc...

Les objets que nous manipulerons ne seront pas exactement des objets articulés analogues à ceux de la technique du papier découpé, en ce sens, que les articulations pourront varier en

nombre et en position, à chaque instant, de même que la forme de chaque élément ne sera pas statique.

Nous aurons donc affaire à des dessins composés dont les différents éléments, composants, ne seront pas indépendants, mais reliés d'une certaine façon. La définition de ces liaisons et la manière d'animer de tels dessins seront développés dans les chapitres suivants.

c- Langage naturel et concis

Quant au langage permettant de décrire l'animation des objets considérés, il doit être aussi naturel que possible pour être accessible à des non-informaticiens.

Pour recenser les concepts de base maniés par ce langage, cela nécessite:

- De définir les objets manipulés.
- De dégager les paramètres nécessaires et suffisants en effectuant une étude particulièrement fine de la composante temps.

Nous nous sommes appliqués à utiliser peu de mots-clés qui combinés entre eux autorisent une animation assez souple. Nous n'avons pas cherché à faire un système, fournissant un grand nombre d'opérateurs variés avec des multiples options, système qui aurait pu rebuter les artistes par sa complexité. Nous avons au contraire cherché à faire un système de départ, avec quelques opérations de base rapidement assimilables par l'utilisateur. La manipulation ainsi plus immédiate du système permettra, suivant les remarques de ce dernier, d'avancer plus sûrement dans la bonne direction

d- Pas d'outils mathématiques apparents

Nous avons essayé d'avoir le minimum d'outils mathématiques, informatiques apparents, puisque l'utilisateur potentiel est un artiste.

e- Souci de l'implantation

Dans la façon de concevoir le système, nous avons eu constamment à l'esprit, son implantation sur ordinateur, la façon dont il se présentera pour l'artiste, et les différents gestes, actes que ce dernier devra accomplir.

Tout ceci a été fait, en ne se plaçant pas, par rapport à un matériel trop général, mais par rapport à un matériel qu'il est raisonnable d'envisager dans un studio d'animation sur ordinateur.

Partie II

* LE MATERIEL *

o o o o o o o o o o

A - Matériel à notre disposition

a- Un mini-ordinateur MITRA-15:

- Mémoire centrale: 32 K mots

- Cet ordinateur comprend:

- Un système d'exploitation développé en vue de l'aide à la conception de programmes, fortement marqué par l'utilisation d'un éditeur.

- Un éditeur

Qui occupent respectivement 7 K et 5 K mots mémoire.

==> 20 K de mémoire pour les programmes utilisateurs.

- Puissance de l'ordinateur:

- Cycle de base d'une opération: 3 microsecondes

- Mot de 16 bits

- Périphérique

- Un disque rapide:

le SAGEM, disque magnétique à têtes fixes
capacité : 800 K octets

- Deux disques magnétiques à tête mobile

Capacité: 5.10 Octets

b- La console graphique

Cette console comprend la chaîne suivante:

- Dans l'unité centrale:

- Un assembleur graphique assemblant le langage MITRAGE
 - Un handler s'occupant des transferts standard
- MITRA-Processeur graphique et interruptions fonctionnelles.
- La console proprement dite: INTERGRAPHE 200 constituée:

1 - D'un processeur graphique (GOB 16)

 Mémoire: 122 pages de 32 mots.

Rôle:

- Traite les instructions graphiques
- Elabore les messages adéquats après des interruptions venant des dispositifs clavier, photostyle, tablette.
- Rafraîchit la mémoire toutes les 20 millisecondes donc 1952 vecteurs, au maximum, en 10 millisecondes,

Quelques caractéristiques de fonctionnement:

- Toute entité graphique occupe au minimum une page même si la partie utile est plus petite.
- 16 Entités graphiques peuvent être affichées simultanément sur l'écran.
- Toute entité graphique peut être considérée comme un sous-programme et appelée comme tel. 6 Niveaux d'appels sont permis.
- Tout transfert, MITRA-Processeur graphique, interrompt l'affichage ce qui est un inconvénient lors de l'animation.

2 - D'un tube cathodique à balayage cavalier :

 Taille de l'écran : 25 cm x 25 cm

3 - Des outils de dialogue

- Tablette

SUMA- graphique
système magnéto-strictif

Peut recevoir un point toutes les 20 millisecondes. Elle est divisée en deux régions:

- Pour le tracé (22,5 cm x 22,5 cm)
- Pour les menus (11 cm x 11 cm)

- Photostyle Peut produire une interruption toutes les 20 millisecondes.

- Clavier alphanumérique peut enregistrer un caractère par seconde.

c- Contrainte au point de vue: Temps

- Le chargement d'une image complet (1952 vecteurs) c'est-à-dire le transfert MITRA-Processeur graphique, prend dans le meilleur des cas, un peu plus d'une seconde. Donc, sans faire aucun calcul entre chaque image, il est impossible sur ce matériel de faire défiler les images à la cadence de:

1
--- s
12

De toute façon, avant l'animation, tous les calculs doivent être faits. Il doit n'y en avoir aucun entre l'affichage de deux images.

- Nous avons déjà mentionné que le transfert d'une image, arrêté l'affichage de l'image en cours.

- Quant aux transferts disques mémoire centrale, ils sont plus ou moins rapides, mais à ce niveau la vitesse n'est pas essentielle. (Le temps [↑] varie entre 30 et 100 ms)
d'accès

B - Matériel souhaitable

Console graphique à balayage cavalier -----

Il existe déjà des consoles dont la vitesse de transfert de l'unité centrale vers le processeur est inférieure à

$$\frac{1}{12} \text{ s}$$

(cf. CII, Vector General).

Mais il est possible d'atteindre la vitesse de 4000 mots en 90 millisecondes sur la console INTERGRAPHE 200 en ajoutant un mode canal.

D'autre part, pour ne pas avoir un arrêt de l'image pendant le transfert, il suffit d'avoir une mémoire de capacité double pour le processeur graphique et d'avoir un système à bascule. On travaille dans l'une des mémoires pendant que l'autre est affichée.

Donc:

- Interface rapide
- Persistance de l'image pendant tout transfert

Quant à la capacité d'une image (1952 vecteurs), il n'est pas évident qu'elle doit être plus importante.

Néanmoins, ce qui serait intéressant, c'est un écran plus grand (50 x 60 cm). Cela correspond à peu près à la taille maximum des celluloses sur lesquels les cinéastes ont l'habitude de travailler. On pourrait de plus adopter la configuration proposée par G. COMPARETTE d'une console dont l'écran est horizontal et sert en même temps de tablette.

Avantages et inconvénients d'une console video -----

En supposant que l'on ait des images peintes:

Inconvénients

- Affichage plus long car tous les points sont à définir.
- Le programme de traitement de ces taches de couleur risquent de n'être pas supporté par un mini-ordinateur.

Avantages

- La transmission est plus rapide sur plusieurs postes esclaves. Donc il est possible d'envoyer l'image en plusieurs endroits simultanément de façon aisée.
- On peut se servir de la console vidéo pour une animation simplifiée, uniquement composée de contours.
- On peut ensuite procéder au coloriage de façon lente.



PARTIE III

* LE LOGICIEL *

o o o o o o o o o , o o o o o o



SECTION I : LE CARNET DE CROQUIS



Chapitre I - Terminologie

Quel rôle attribuons-nous aux différents termes "tracé", "graphe", "dessin", "croquis"? Quant à leur nature même, à leur représentation en mémoire, nous en reparlerons plus loin.

==> Nous emploierons le terme "tracé" dans son sens habituel, très général, qui s'applique davantage à la façon dont est exécuté un dessin, un croquis. Nous dirons par exemple: le tracé d'un dessin, d'un graphe, d'un croquis, tracé visible, etc...

==>Le terme "dessin" désignera tout tracé visible, destiné à figurer dans le dessin animé.

==>Par contre, "croquis" sera le terme général englobant les dessins et toute autre tracé représentant une trajectoire, une courbe paramétrée, le graphe d'une fonction, un schéma, un code graphique etc...

==>Tout ce qui n'est pas dessin sera désigné par le terme graphe (partie du produit cartésien R^2).

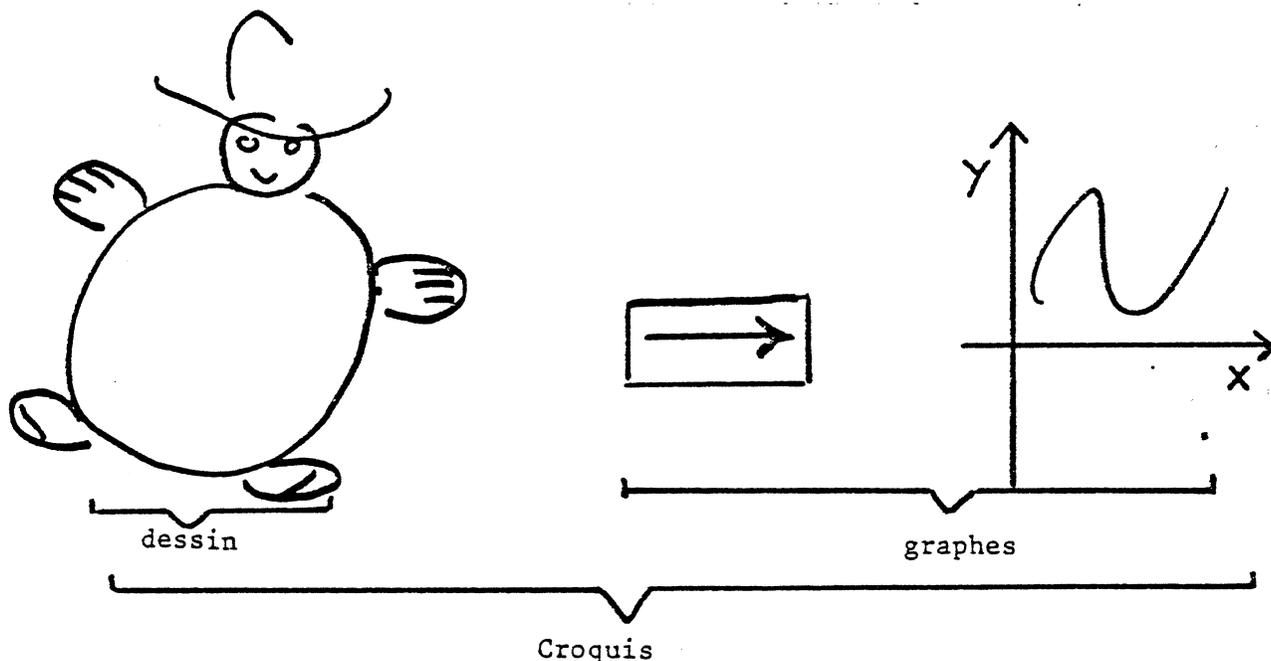


FIG. 12

En d'autres termes, nous désignerons par "croquis" toute donnée graphique. Le terme tracé n'a été qu'un outil pour nous exprimer. Les trois termes techniques à retenir sont croquis, dessin et graphe.

Toute la partie du système concernant la réception des croquis sera nommée "carnet de croquis". En effet, ce dernier se manipulera comme les carnets qu'utilisent les artistes pour y consigner leur croquis.

Le terme "page" désignera l'ensemble des croquis qui apparaîtront simultanément sur l'écran à l'appel de cette "page". Tant que le changement de page n'aura pas été demandé, les croquis s'afficheront sur l'écran, au fur et à mesure de leur tracé sur tablette. La taille maximale de chaque page sera limitée par la capacité de la mémoire du processeur graphique. Il ne faut pas oublier que les croquis ne sont pas les seuls à être affichés sur l'écran. Les menus activés par photostyle et les données alphanumériques introduites par clavier doivent pouvoir être visualisées en même temps qu'une page, ce qui réduit d'autant la taille de cette dernière. Le maniement des pages par l'utilisateur se fera à l'aide d'opérateurs commandés par menu; les paramètres éventuels de ces opérateurs étant fournis à l'aide du clavier. Nous pouvons décomposer comme suit les différents aspects de ce carnet de croquis:

- Définition précise d'un croquis et opérateur concernant le tracé d'un croquis.
- Manipulation du croquis.
- Les pages et leur maniement

--CHAPITRE II --.

Les croquis

A - Définition

Un croquis est une suite ordonnée de points à laquelle est associé un repère orthonomé dont les axes sont parallèles aux axes du repère absolu et dont l'origine est arbitraire. Un croquis forme un tout indivisible. C'est une primitive graphique.

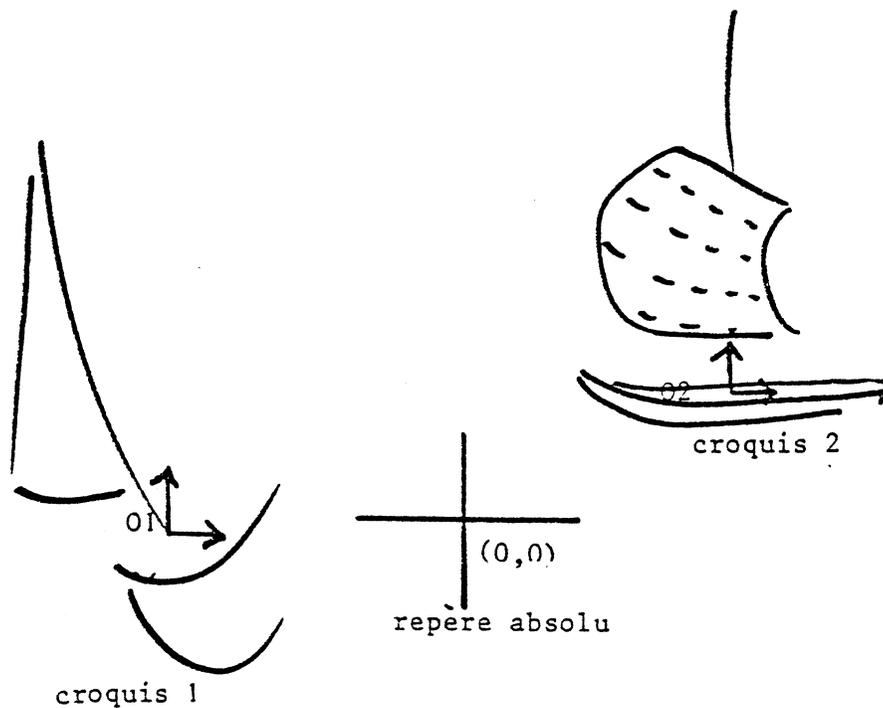


Fig.13

Espace Utilisateur - Espace Image - Espace Ecran -

La notion de croquis, définie plus haut, sans faire intervenir ses attributs est indépendante de la façon dont il sera visualisé. Nous dirons que la suite de points, accompagnée de l'origine du repère, constitue le représentant du croquis dans l'espace-utilisateur. C'est sur celui-ci qu'agiront les transformations géométriques (*).

Par contre, les attributs sont des notions purement visuelles et n'interviendront que dans, ce que nous appellerons, l'espace visuel. Suite de points, origine et attributs constitueront le représentant du croquis dans l'espace de visualisation.

Ces deux notions méritent d'ailleurs d'être développées. On peut y ajouter une troisième, celle d'espace écran. Elles peuvent paraître superflues dans le cas du dessin animé ou tout est axé sur le visuel, ou les croquis sont tracés à la tablette, ou donc seul l'espace image devrait intervenir. Ces notions deviennent cependant intéressantes dès que l'on aborde les problèmes de manipulation, de transformation du tracé et lorsqu'il faut définir à quels éléments elles vont s'appliquer.

Nous désignerons donc par "objet" un ensemble qui peut être représenté comme une partie de R^2 (nous travaillons en deux dimensions).

==> Cet objet peut être défini simplement par rapport à une base de R^2 sous forme d'équation, d'ensemble de points, de suites ordonnées de points ou le point est un couple de R^2 . Ici, aucune notion visuelle n'intervient. Nous dirons que l'objet est défini dans l'espace utilisateur: U . C'est l'espace où s'effectuent les transformations géométriques, c'est un espace abstrait.

(*) Le terme "page" que nous employons ici ne représente pas l'espace Utilisateur, mais seulement une partie

==>Si nous voulons donner une représentation graphique, une image de cet objet, il nous faudra alors le définir dans ce que nous appellerons l'espace Image: I. Ici l'objet est défini dans un repère qui permet de préciser la façon de tracer le graphique, les parties visibles, sa couleur, la texture du trait etc...

On passe de l'espace U à l'espace I par une transformation "f" que nous appellerons: Interprétation graphique. "F" n'est pas unique. L'ensemble des interprétations graphiques sera désignée par $\mathcal{J}_g(U)$. Cette interprétation graphique peut sous-entendre de nombreuses opérations:

- Discrétisation dans le cas d'une courbe définie sous forme d'équation pour obtenir un ensemble fini de couples de \mathbb{R}^2 .
- Ordonner cet ensemble de couples pour en faire une suite, suivant l'interprétation choisie,
- Déterminer, le rôle des couples, précisant comment s'effectuera le tracé, lieu et sens.
- Fournir les différentes qualités du tracé.
- Traduction en langage graphique.

On voit donc que si l'on veut passer de U à I, il faut associer à chaque objet de U un élément de $\mathcal{J}_g(U)$.

==>En dernier lieu, si nous définissons cet objet en tant qu'objet affiché sur l'écran, que nous pouvons observer instantément, nous dirons que l'objet est défini dans l'espace écran: E.

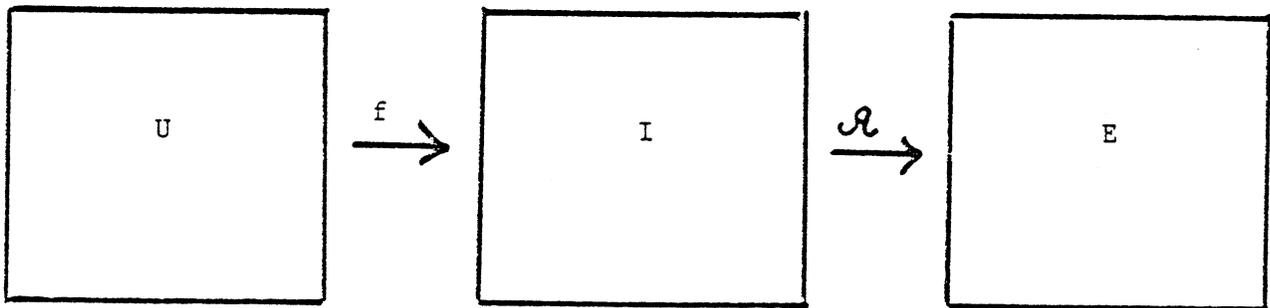
On passe de I à E par un affichage \mathcal{R} , sur écran, précédé éventuellement d'un envoi en mémoire du processeur graphique suivant le lieu d'enregistrement de l'objet-image

Des définitions précédentes, nous déduisons aisément, qu'à ces différents espaces, correspondent des implémentations en mémoire qui peuvent se recouvrir partiellement ou plus exactement être parallèles.

U -----> unité centrale
 unité périphérique

I -----> unité centrale
 unité peripherique
 processeur graphique

E -----> entités graphiques
 du processeur graphique
 affichées ou attachées
 au tube



avec :

$$f \in \mathcal{J}_g(U)$$

$$I \cap E = \{\emptyset\}$$

Fig.16

On peut envisager le passage de I à u lorsque f est inversible. Quant au passage de E à I a-t-il un sens? Nous en reparlerons dans le dernier chapitre.

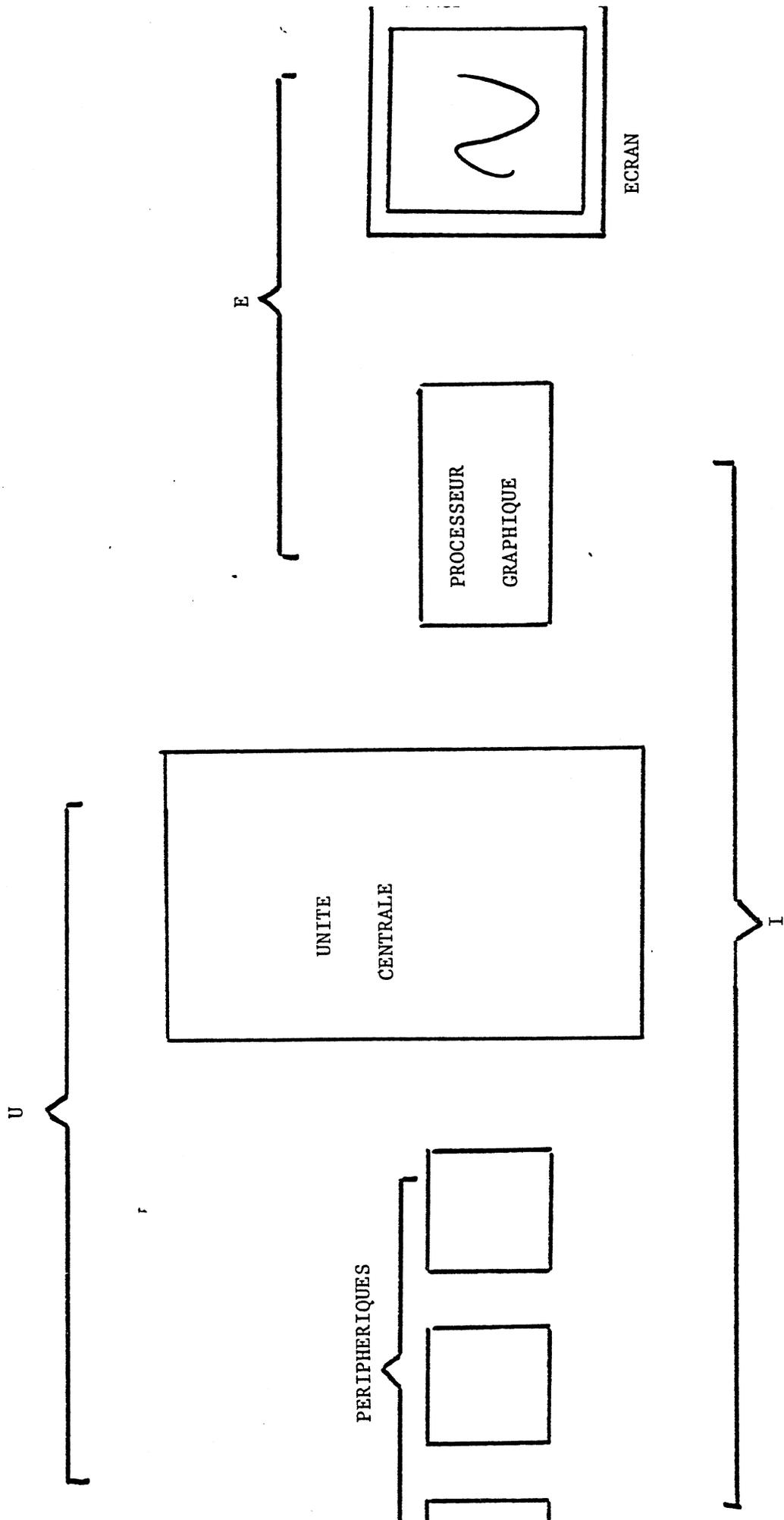


Fig. 17

Ces trois espaces, bien délimités, il est possible de débattre, de façon précise, comment l'on va travailler sur chacun d'eux.

Dans lequel d'entre eux, les transformations géométriques ou autres agiront-elles? Comment leur influence sur un espace se répercutera-t-elle sur un autre espace etc... Nous reviendrons sur ce problème à la fin de cette étude.

Dans notre cas particulier, le matériel mis à notre disposition et le fait que l'introduction des données graphiques soit faite uniquement par tablette, ne nous a pas amenée à séparer ces trois espaces.

Ensuite, cela ne nous a pas paru primordial, dans une première étude d'un système d'animation. Cette distinction s'intègre dans une étude très générale de la manipulation des graphiques par ordinateur et du matériel nécessaire correspondant. Cette étude sera productive, une fois que les problèmes posés par les applications multiples, animations ou autres, seront parfaitement cernés.

B - Eclatement d'un croquis

Chaque croquis est une suite ordonnée de points, donc comporte un début et une fin. Mais il n'existe aucune sous-division, puisque nous avons posé qu'il s'agissait d'une primitive.

On peut cependant se demander si, étant donné un croquis, il serait possible de créer des opérateurs permettant à l'artiste d'"éclater" un croquis en plusieurs croquis.

Cela paraît difficile, car pour cela il faut pouvoir visualiser l'ordre d'entrée exact des points pour délimiter les différentes portions du croquis qui constituent les nouveaux croquis. Le tracé de ces différentes portions peut ne pas avoir été séquentiel. Par exemple, la façon de dessiner un visage peut être très fantaisiste. Au lieu de dessiner élément par élément, oeil après oeil etc... l'artiste procède par touches successives, dessine une partie de l'oeil puis passe au nez, revient à l'oeil etc... Comment visualiser en face de chaque point son numéro d'ordre? Les points peuvent être très rapprochés; l'image deviendrait illisible.

On peut concevoir d'agrandir suffisamment le croquis en question, pour permettre un numérotage de chaque point. Ceci fait, laisse encore à l'artiste un travail long et fastidieux. C'est à lui d'indiquer les traits utiles (nous entendons par "trait" une suite de points reliés par des segments adjacents et visibles) qui constitueront le sous-croquis voulu.

==> Nous avons donc pris l'option suivante: l'artiste doit prévoir à l'avance les primitives dont il aura besoin et dessiner en conséquence, en indiquant au fur et à mesure du tracé, ce qu'il considère comme un croquis. Il n'y a pas de sous-croquis.

On peut d'ailleurs contourner le problème, si la possibilité de calquer existe, en calquant sur un croquis déjà fait, élément par élément, pour créer de nouveaux croquis.

Remarque:

Former un tout indivisible ne signifie pas que le croquis est constitué d'un trait continu. Il comporte une suite ordonnée de traits, mais ces dessins ne sont pas identifiables manuellement, puisque nous considérons les croquis comme des primitives.



Exemple de croquis

C - Coordonnées choisies

Les croquis étant dans leur grande majorité introduits par tablette, nous avons choisi de façon naturelle les coordonnées cartésiennes. De plus, ce sont les coordonnées qui exigent le moins de calculs préalables, vu la structure du langage graphique "MITRAGE" qui est prévue pour n'exprimer que des coordonnées cartésiennes.

Ces coordonnées seront toujours exprimées par rapport au repère absolu, quelle que soit l'origine locale du croquis en question. Les croquis d'une page apparaîtront toujours à l'appel de cette dernière à l'endroit où ils auront été dessinés. L'origine locale jouera un rôle, lors des transformations géométriques et en cours d'animation. Les croquis ne sont donc pas stockés en mémoire, en coordonnées relatives.

De façon implicite, sans autre précision, l'origine locale d'un croquis sera l'origine absolue. Elle perd, alors, son caractère local.

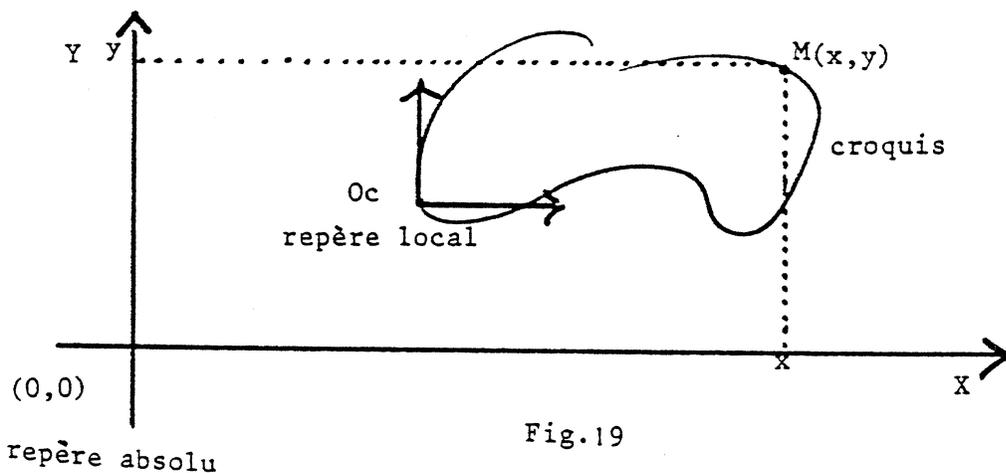


Fig.19

D - Opérateurs agissant sur les attributs

A tout instant, il est possible d'agir sur les attributs d'un croquis donné par l'intermédiaire d'opérateurs commandés par menu.

E - Opérateur agissant sur le tracé

- L'effacement point par point

- Possibilité d'effacer le dernier point trace.

- Possibilité d'effacer des points désignés par l'intermédiaire du photostyle ou du crayon de la tablette. Il est difficile, en fait, d'agir sur un seul point. Il est plus raisonnable de promener sur l'écran une fenêtre "gommante" de taille plus ou moins fine (cf- Carnet de croquis - CHAP.V).

- L'effacement d'un croquis

Ceci ne pose aucun problème puisque les croquis sont identifiables. Il faut remettre à jour la page à laquelle appartenait le croquis, c'est-à-dire retasser les croquis.

- Compléter un croquis

Deux cas peuvent se présenter:

1er cas: Le sens du tracé importe peu.

Dans ce cas, les nouveaux points seront ajoutés en fin de suite.

2eme cas: Le sens du tracé est significatif.

Il suffit d'utiliser l'opérateur CALQUE (cf. Carnet de croquis- CHAP. IV - D)

- Tracé en continu ou non

Cet opérateur permet d'effectuer le tracé de deux façons:

En continu: tous les points enregistrés sont reliés par des vecteurs visibles, les levers de crayon sont inopérants.

En discontinu: si on lève le crayon entre deux points, ces derniers sont reliés par un vecteur invisible.

F- Opérateur contrôlant l'origine

L'utilisateur doit pouvoir changer à son gré l'origine du repère local d'un croquis. Il s'agit d'attacher, à chaque croquis un point particulier. Une fois défini, ce point fait partie du croquis. Il peut être facilement fourni, à l'aide du crayon de la tablette. Lors de l'affichage du croquis, ce point n'est pas identifiable. Mais à la demande, il est possible d'afficher à son emplacement un caractère spécial, un "O" par exemple, qui indique la position de l'origine de façon suffisamment précise pour guider l'utilisateur.

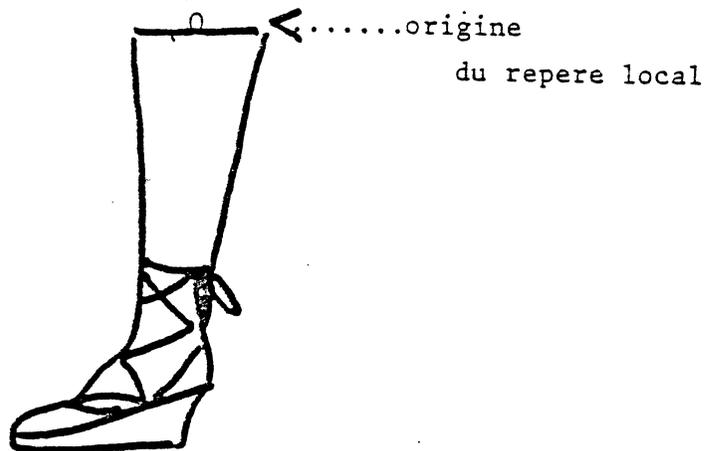


Fig. 20

G - Les identificateurs d'un croquis

Pour pouvoir manipuler les différents croquis, il est nécessaire de les identifier. Ceci peut être fait de deux façons différentes:

- Identificateur numérique

Les croquis peuvent être numérotés, par exemple, au fur et à mesure de leur création. Cette méthode ne présente aucune difficulté d'implémentation. Elle a l'inconvénient de donner aux croquis des noms peu évocateurs, ce qui rend plus laborieuse la recherche de tel ou tel croquis.

- Identificateur alphanumérique

Cette seconde méthode n'exclut d'ailleurs pas la première. Cela est simplement un raffinement.

Considérons un studio d'animation à l'aide de l'ordinateur. Un artiste peut s'y être constitué une bibliothèque assez importante de "carnets de croquis" ayant servi à l'élaboration de plusieurs de ses films. Précisons que nous considérons seulement les croquis d'un seul artiste. Ce dernier, en effet, n'a aucune raison d'utiliser les dessins d'un de ses confrères. L'artiste peut donc avoir envie de consulter rapidement tous les croquis appartenant à une certaine classe d'analogie, par exemple la classe {oiseau}.

Il faut donc se constituer un catalogue de croquis par rubrique. Comment définir les rubriques? Il n'est pas possible d'en choisir, à priori, indépendamment des dessinateurs. Les artistes ont des styles très différents les uns des autres et imprévisibles. Ce sera donc à chaque artiste de définir, au fur et à mesure, les classes dont il a besoin.

Pour fixer les idées, soit N le nombre de classes définies par l'artiste. N peut augmenter au fur et à mesure des besoins du dessinateur, mais est majoré par N_{\max} . Chaque classe est divisée en sous-classes, qui elles-mêmes sont divisées etc... On a donc une structure arborescente avec une certaine profondeur elle aussi limitée à P_{\max} .

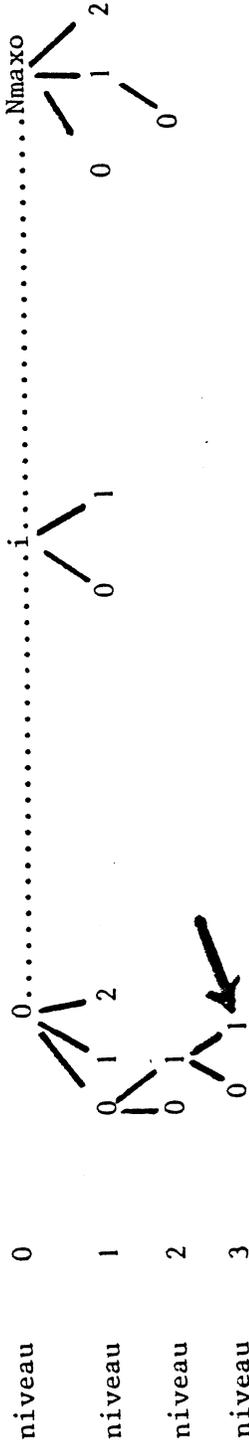
Donc, à chaque nom de croquis, on associe un n -uplet, plus précisément un vecteur de \mathbb{R}^n définissant exactement à quelle classe appartient le croquis.

Il est évident, que la gestion de ces vecteurs sous-entend un programme assez important, qui nécessite une place non négligeable en mémoire. Mais ceci peut être programmé avec recouvrements (OVERLAY).

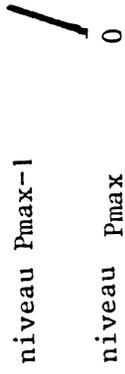
Avantages

Cela donne à l'artiste une plus grande liberté dans l'allocation des noms.

CLASSES



.....



Sur notre schéma, la classe fléchée correspond au vecteur (0,0,1,1)

Fig.21

Correspondance alphanumérique

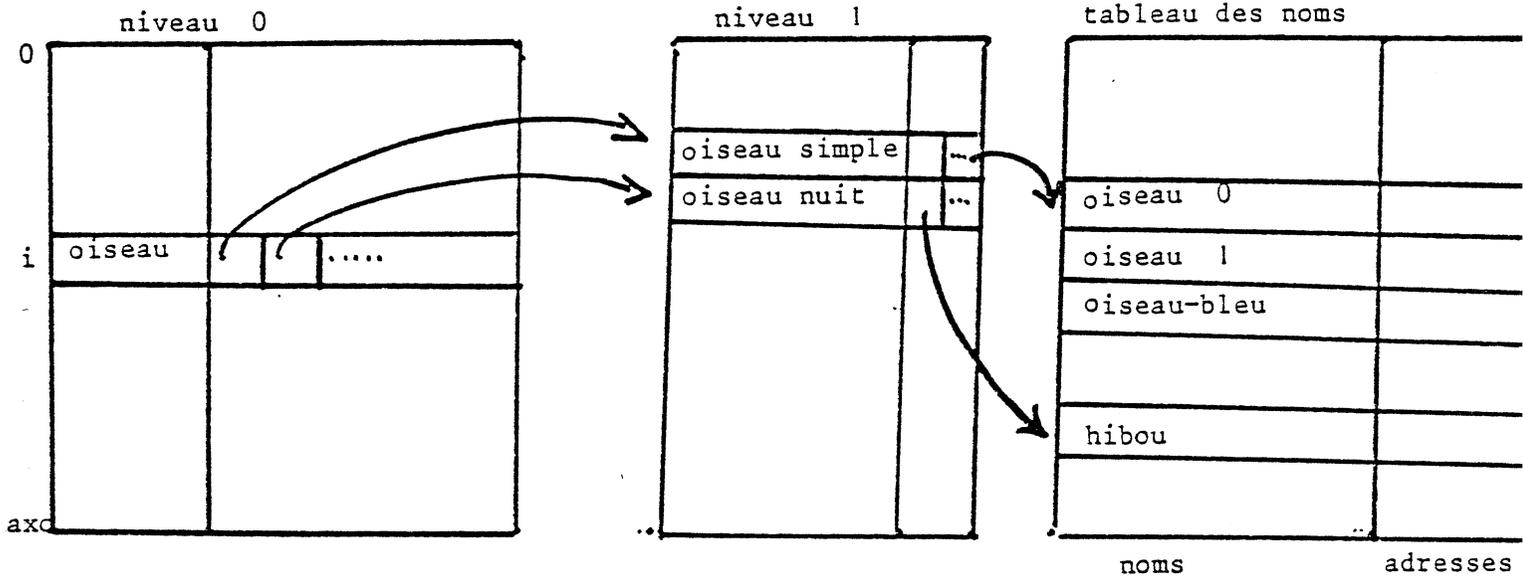


Fig. 22

Fig.

Soient les croquis portant les noms respectifs: OISEAU1, OISEAU0, OISEAU-BLEU, HIBOU, CHOU, GENOU.

Supposons que l'on ait la classe OISEAU avec la sous-classe DE NUIT.

La classe {OISEAU} comprendra donc :
OISEAU1, OISEAU0, OISEAU-BLEU, HIBOU
et la classe {OISEAU,NUIT} :
HIBOU.

Inconvénients

Ce gain de liberté est-il suffisant pour compenser la pesanteur que va entraîner la nécessité d'associer à chaque nouveau nom, le vecteur précisant la classe dont il fait partie. Par exemple:

HIBOU	(OISEAU, NUIT)
-----	-----
nom	classe

Conclusion

Il ne faut pas oublier que nous avons affaire à un artiste, orienté vers le dessin animé, dont le métier n'est pas de classer des dessins, de façon subtile, à la manière d'un scientifique.

Un classement simplement alphabétique semble donc suffisant.

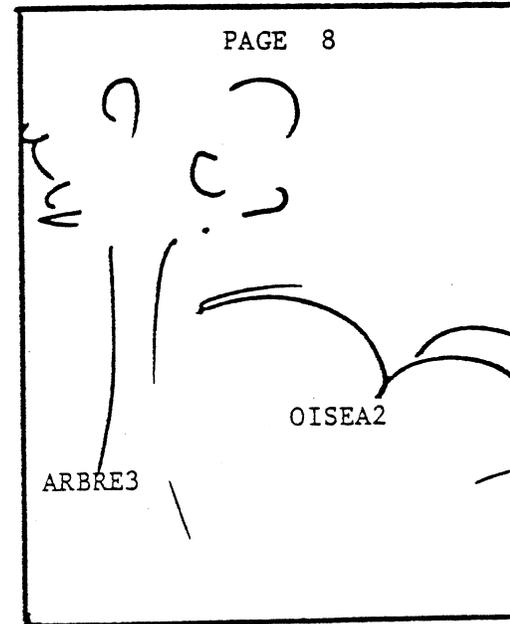
Au fur et à mesure de la création des croquis, auxquels l'artiste apporte un certain nom, un dictionnaire est constitué par programme avec, en regard de chaque nom, le numéro de la page du croquis auquel il correspond et le numéro de page. Chercher la classe {OISEAU} reviendra à chercher tous les noms comportant les lettres ordonnées de OISEAU. HIBOU n'y figure donc pas. Pour éviter cet inconvénient, cela imposera à l'artiste une légère contrainte, qui l'obligera à adopter une certaine méthode dans l'allocation des noms. Dans la plupart

des cas, d'ailleurs, le nombre de classes auxquelles s'intéressera le dessinateur sera peu important et ne dépassera pas la dizaine. Il s'agira donc, pour chaque utilisateur, d'adopter un code personnel, peu compliqué, pour identifier un croquis. Si, par exemple, seule la classe {OISEAU} l'intéresse, au lieu d'attribuer le nom HIBOU, il attribuera le nom OISEAU3.

Cette seconde méthode, moins élaborée, sera donc moins lourde à l'usage, dans la mesure où chaque artiste utilisera peu de classes. Une période d'essai du programme montrera, qui ou non, si l'option prise était bonne. Si ce classement s'avère insuffisant, l'implémentation de la première méthode ne présentera pas de grosses difficultés. Les programmes ont déjà été faits. Quant à l'allocation alors astreignante des noms accompagnés de leurs classes, elle ne sera plus un obstacle, car si l'artiste désire une classification plus élaborée, c'est qu'il a l'habitude des classes.

DICTIONNAIRE

Noms	n° dessin	Page
ARBRE1		
ARBRE2		
ARBRE3	1	8
BOULE1		
BOULE2		
BOULI1		
OISEA1		
OISEA2	2	8
OISEN1		



Allocation

classe {OISEA} = {OISEA1, OISEA2}
 classe {OISE} = {OISEA1, OISEA2, OISEN1}

Fig.

Par conséquent, jusqu'à présent, nous avons au moins trois façons de répartir les croquis:

- par page
- par nom
- par carnet de croquis

On peut en envisager trois autres :

- par plan
- par séquence
- par film

Ce sera autant de colonnes à ajouter au dictionnaire. On a:

un carnet de croquis = {P pages}
 = {L plans}
 = {S séquences}

Mais on peut avoir :

un carnet de croquis = {F films}
 ou
un film = {C carnets de dessins}

Dictionnaire

*

*

*

*

*	*	*	*	*	*	*	*
*	* No. dessin *	*	* Carnet de *	*	*	*	*
*	Non * de la page *	* Page *	* croquis *	* Place *	* Séquence *	* Film *	*
*	*	*	*	*	*	*	*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

Fig.24

En effet, la taille d'un carnet de croquis est limitée par celles des autres éléments, des autres fichiers relatifs à l'animation proprement dite qui doivent figurer sur le même support périphérique, disque mobile ou disquette. Nous verrons d'ailleurs, plus loin, s'il est vraiment nécessaire d'avoir sur un même support, les données graphiques et les données d'animation. Néanmoins, la taille du carnet est limitée par la capacité du support. Il se peut alors qu'un carnet de croquis ne suffise pas pour consigner les croquis d'un film donné (*). La recherche d'une classe de croquis, même si elle s'applique à un seul film pourra donc se faire sur plusieurs carnets.

Il faut donc décomposer le problème et séparer les différentes tâches que peut effectuer le système, par rapport aux différentes classes de croquis:

==> Constitution et consultation d'un catalogue de croquis

==> Recherche effective automatique des éléments répertoriés dans le catalogue.

Dans la première, à la demande d'une classe donnée, le système fournit à l'utilisateur une liste de noms avec leur numéro et la page, le carnet de croquis, la séquence, le film auxquels ils appartiennent, l'utilisateur chargé alors le disque adéquat pour pouvoir disposer des croquis voulus.

Dans la seconde, le système exhibe lui-même les croquis demandés. Cela exige d'avoir le matériel, permettant de commander par programme une "discothèque".

En attendant, la prise en charge du catalogue par ordinateur est déjà intéressante.

(*). Précisons que nous lions la notion d'unité de carnet de croquis à la notion de support. Si, par exemple, les données graphiques sont réparties sur deux disquettes différentes, nous parlerons de deux carnets de croquis.

Opérateurs associés

De façon plus pratique, quant à l'attribution de noms au croquis, il faut se limiter à un certain nombre de caractères et les stocker en mémoire sous forme codée, par une technique de Hash-Coding par exemple.

Cette identification alphanumérique des croquis, se traduira par les opérateurs suivants, contrôlés par l'utilisateur à l'aide du photostyle de la tablette ou du clavier.

- Attribuer un nom à tel croquis (clavier)
- Visualiser le nom de tel ou tel croquis (apparaît dans un cadre préfixé pendant un certain laps de temps)
- Recherche d'une classe demandée (clavier)

Nous venons de considérer tout ce qui concerne la naissance d'un croquis:

- qui va naître ? ==> définition des croquis
- naissance ==> réajustements en cours de tracé
- établissement de son état civil :
==> attribution d'un nom une fois le tracé terminé

Nous aborderons plus ^{loin} les manipulations qui permettront d'agir sur la forme des croquis déjà créés.

Les opérateurs agissant sur le tracé, la structure d'un croquis non encore terminé, interviendront à nouveau sur des croquis définis, terminés. Les opérateurs d'édition doivent donc être actifs à deux niveaux:

- sur un tracé en cours
- sur un croquis identifiable

Le second niveau sous-entend une gestion de page, élaborée mais faisable (les questions de temps n'étant pas ici essentielles):

- Retassement d'un croquis lors d'un effacement
- Décalage d'un croquis lors ^{d'un} apport de points

Les croquis, au fur et à mesure de leur création, vont remplir les pages de notre carnet. Comment va-t-on les

manipuler? C'est ce que nous allons voir.

2 - La pagination (Il s'agit des pages du carnet de croquis)

A - Restrictions relatives au matériel

- Capacité mémoire centrale

Le programme prenant en charge le "carnet de croquis" occupe une place assez importante en mémoire qui exige une mise en RECOUVREMENTS. On ne peut donc se permettre, qu'une page en mémoire centrale, deux au maximum, si l'on a besoin d'un effet de bascule.

- Capacité du support périphérique

Nous avons lié la notion de "carnet de croquis" à celle du support, disque ou disquette. Cela n'empêche pas d'utiliser plusieurs disques si l'on a un système adéquat. On aura alors à sa disposition plusieurs carnets de croquis. De toute façon, il y a une limite plus ou moins grande au point de vue taille mémoire, nombre de vecteurs ou points alloués à un carnet de croquis.

- Capacité d'une image

La console de visualisation peut afficher simultanément un nombre limité de vecteurs, autrement dit la taille de l'image est limitée.

La console INTERGRAPH comme nous l'avons vu accepte des images d'environ 2000 vecteurs. En réservant environ 500 vecteurs ou 1000 mots pour les menus et les textes, cela fait une image de 1500 vecteurs, ce qui est peu. Mais nous l'avons vu aussi plus haut, il sera possible de faire des consoles acceptant 8000 vecteurs par image. Il faut donc prévoir notre système pour une telle possibilité.

B - Restriction relative à l'animation

Non seulement, la possibilité de feuilleter notre carnet de croquis assez rapidement, mais la nécessité d'accès rapide à une page sera primordiale lors de l'animation, puisque nous

avons lié la notion de page à celle d'image. Par conséquent, chaque image, chaque page, ne doit pas correspondre, sur le support périphérique, à plusieurs enregistrements non consécutifs, ne formant pas un seul bloc. Ceci exclut le stockage en mémoire d'une page, par enregistrements successifs chaînés les uns aux autres.

C - Conséquences quant à la notion de page

Jusqu'à présent, l'idée que nous avons donnée d'une page, correspond exactement à celle que l'on peut se faire, par rapport à un carnet ordinaire dont les pages ont une taille fixe et que l'on peut plus ou moins remplir de croquis. L'artiste adopte alors une mise en page adéquate, et comprend aisément que s'il exécute un seul croquis de 50 points sur chaque page, son carnet sera vite épuisé, quant aux pages libres. Il pourra encore dessiner, mais seulement sur des pages déjà utilisées. Il sera donc impossible de faire un nouveau croquis compliqué exigeant une page entière. On peut penser que c'est un faux problème. L'artiste, dont c'est le métier de dessiner, adoptera facilement sa façon de dessiner à la taille du carnet, à celle des pages et au nombre de pages. Il prévoiera donc la façon dont il va répartir ces dessins, chose qu'il doit nécessairement faire, dans tous les cas à un moment ou à un autre, puisque la taille du carnet est limitée. Cela l'empêchera donc de travailler de façon désordonnée. De plus, le fait d'avoir toutes les pages utilisées seulement par un petit nombre de vecteurs, semble d'autant moins probable que la taille des pages est relativement petite comme c'était notre cas: 1500 vecteurs. Nous avons adopté le système simple suivant qui, dans notre configuration, semble suffisant:

- Réserve sur disque d'une zone contenant un nombre entier N de pages. Cette zone est le support du carnet de croquis.
- Division de cette zone en N pages de taille fixe.

Bien sûr, à cette zone il faut associer un tableau P décrivant la topologie de chaque page dans le carnet de dessin et à chaque page " P_i " un tableau C_i décrivant la topologie de chaque croquis dans la page en question.

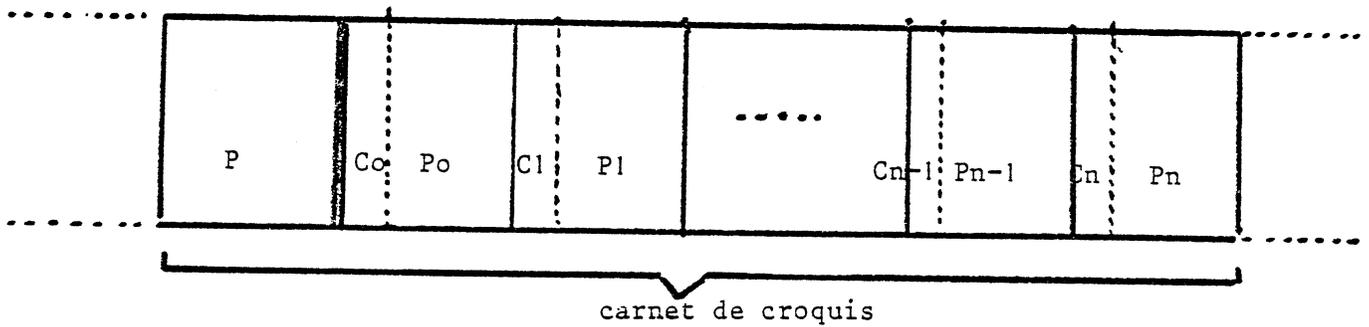
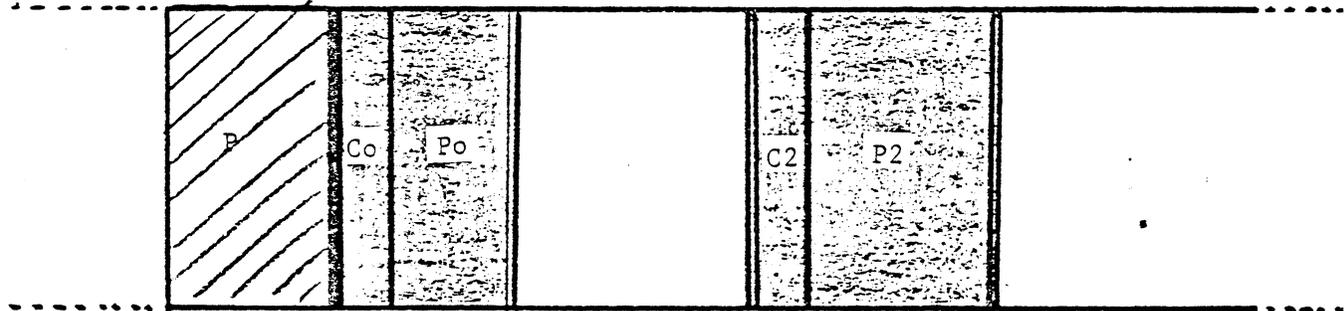
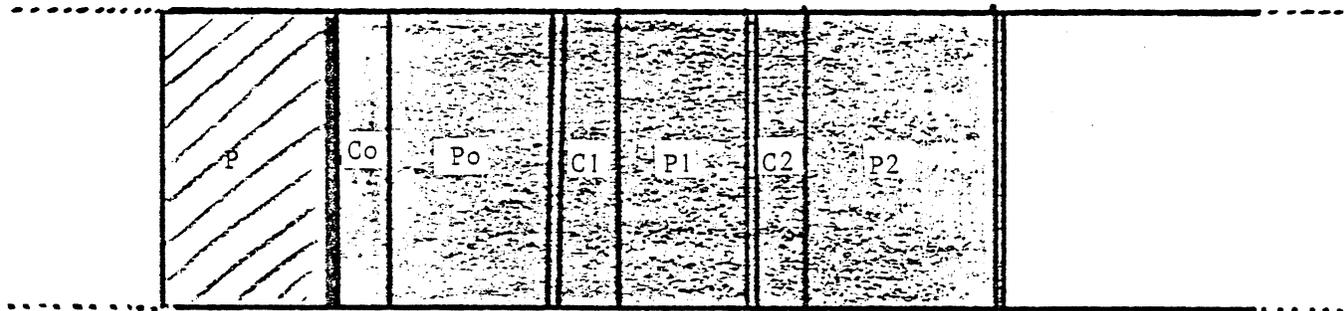
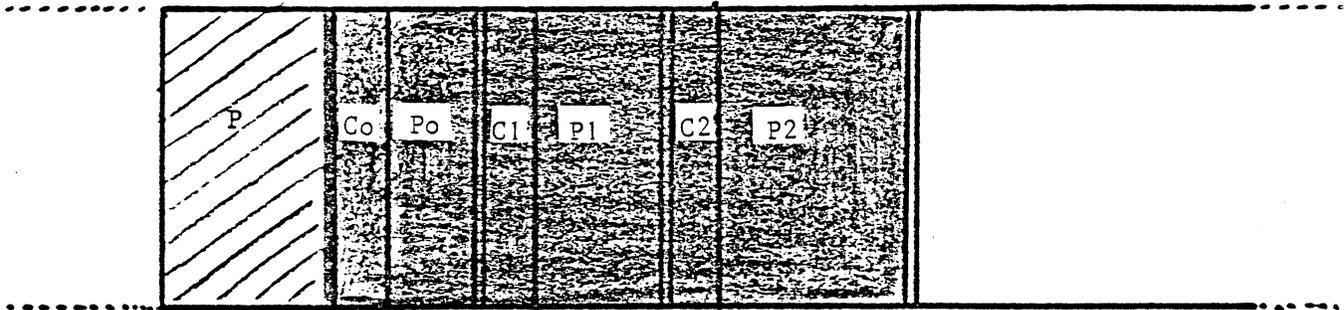


Fig.25

Dans un premier temps, les pages sont remplies logiquement de façon séquentielle. L'artiste peut effacer la page voulue. Le tableau P permet de trouver rapidement les pages libres.

Cependant, il est tout à fait possible de construire des consoles de visualisation dont l'écran peut recevoir environ 8000 vecteurs, ce qui donnerait dans le système précédent des pages cinq fois plus grandes et diviserait par cinq le nombre de pages de notre carnet de croquis. La notion de page de taille fixe semble alors peu adéquate. Une technique d'"allocation dynamique"# conviendrait mieux. Toutes ces techniques consistent en gros, dans un premier temps, à charger page par page la partie utilisée de l'image, sans réserver la partie encore libre. Si l'on veut compléter une page P_i , il faut alors procéder à une insertion entre la page P_i et P_{i+1} . Cette technique a l'avantage de gérer les vides de façon globale le plus longtemps possible, donc de permettre la création d'une page entière tant que le nombre de vide est suffisant. (Cf. "Fundamental algorithms" KNUTH)



etc ...

Fig.26

Une configuration possible du carnet de croquis à différents instants
si l'on procède par allocation dynamique

Bien sûr, il y a de nombreuses variantes à cette technique, dont nous mentionnerons seulement quelques-unes pour mémoire et dont l'usage dépend du matériel que l'on a à sa disposition, et de la façon de travailler des utilisateurs éventuels.

- On peut décider de faire suivre chaque page d'un vide de taille standard, de façon à retarder le moment où il faudra opérer des décalages.

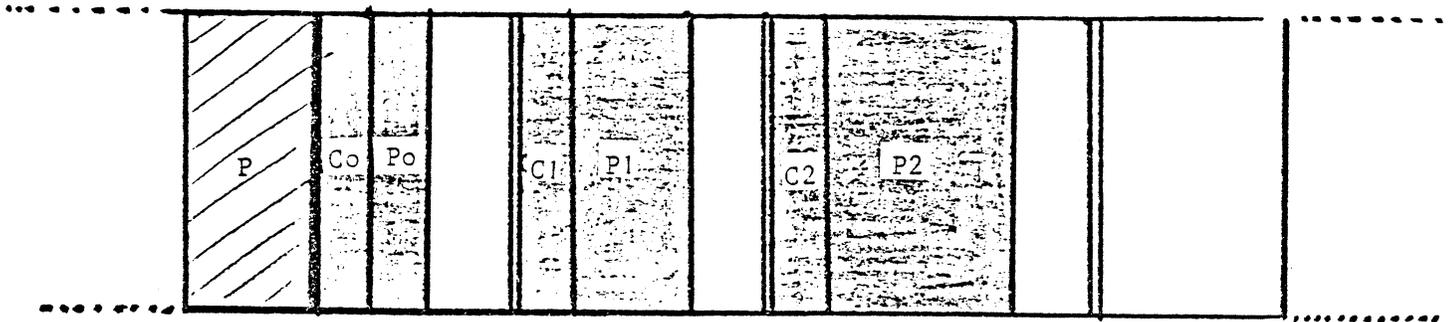


Fig. 27

- On peut diviser la zone carnet de dessin en plusieurs sous-zones réservées à des pages de tailles données et de plus en plus grandes, la frontière entre les différentes zones varient suivant les besoins.

Cette gestion optimale des vides s'accompagnera en contrepartie d'une perte de rapidité due à la durée des insertions qui entraînent des décalages de pages assez importants. Ceci se sentira, lors de la création de croquis, au passage d'une page à l'autre et pourra alourdir, de façon non négligeable, la manipulation du carnet de croquis. Par contre, ceci ne réagira pas sur la rapidité d'animation, puisque cet effet n'aura lieu qu'au cours de la création des croquis. C'est donc un choix à faire entre:

- Un carnet assez souple quant à la taille des pages, à la répartition des croquis, mais de manipulation lente quant au passage d'une page à l'autre, lors de la création des croquis.

- Un carnet de manipulation rapide, mais exigeant de la part du dessinateur un effort de réflexion, préalable à l'action de croquer.

D - Identification des pages

Toute page sera identifiable par son numéro. De plus, chaque page pourra avoir, sans que cela soit obligatoire, un nom alphanumérique. Cela complétera le système d'identification alphanumérique dont nous avons parlé à propos des croquis.

En effet, imaginons que tous les croquis d'une page soient d'un même type. Au lieu d'allouer à chacun un nom alphanumérique différent mais de même genre, profitons de ce classement partiel qu'offre la page. Il suffit d'allouer un nom à la page qui s'appliquera à chaque croquis de la page, en l'indexant de son numéro de page.

Par exemple, supposons que la page 10, comportant les croquis 0, 1, 2, 3, porte le nom OISEAU. Cela signifiera que la page 10 comporte les croquis OISEAU0, OISEAU1, OISEAU2, OISEAU3.

Plusieurs pages peuvent avoir le même nom; elles diffèrent par leur numéro.

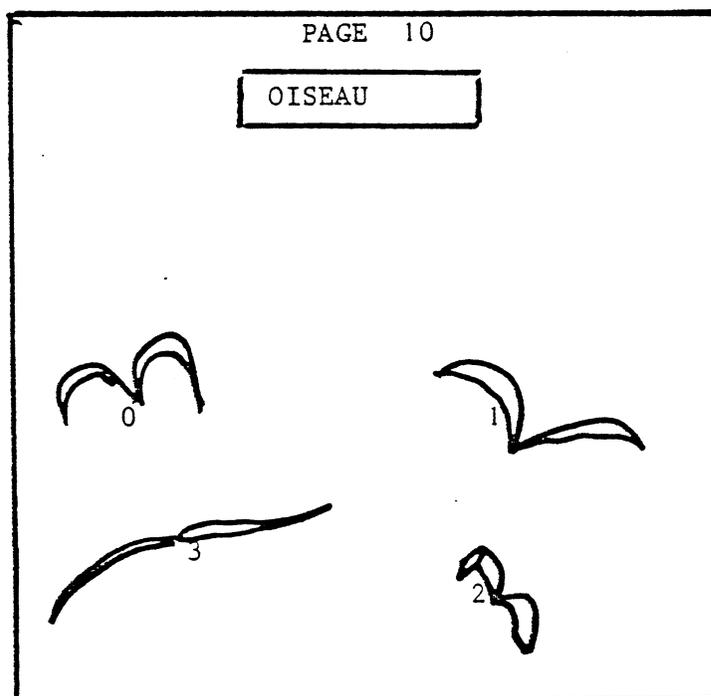


Fig. 28

E - Opérateurs nécessaires

- Pour feuilleter le carnet
 - page précédente
 - page suivante
 - page numéro un tel
 - page libre
 - défilé des pages à vitesse réduite avec possibilité d'arrêt à tout instant
- Effacement d'une page entière
- Identification d'une page
 - donner un nom à telle page
 - rechercher des pages portant un nom donné

000o

--CHAPITRE IV --.

- Amélioration du tracé et instruments de mesure

A - Elimination des points inutiles

- Nous avons vu comment fonctionnait la tablette et qu'il est nécessaire d'opérer un certain filtrage lors de la réception des points si l'on ne veut pas stocker en mémoire, n fois les coordonnées d'un même point lorsque le crayon de la tablette reste immobile.

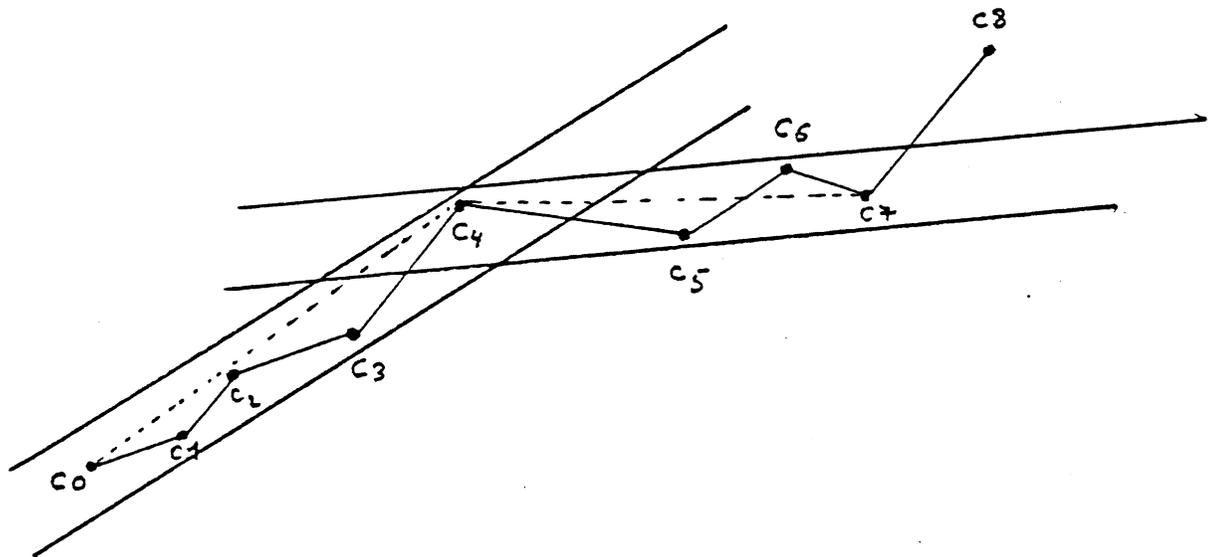
L'utilisateur doit pouvoir jouer sur ce filtrage suivant le tracé dessiné et choisir un compromis entre un tracé très précis qui occupe une place importante en mémoire et un tracé plus grossier mais peu encombrant.

Il faut donc des opérateurs commandant le filtrage.

- Cependant le filtrage est une façon assez systématique et peu souple d'animer le nombre de points entrés. Il est peu commode de changer le filtrage en cours de tracé, ce qui oblige à dessiner par à-coups. Il faut pouvoir tracer d'un seul jet et simplifier le tracé une fois terminé, en éliminant les points superflus, autrement dit en adoptant une technique de lissage. Nous donnons par exemple une technique qui nous a paru suffisante et simple à mettre en oeuvre. (*)

Elle consiste à remplacer une suite de segments, dont la direction varie "assez peu", par un seul segment joignant l'origine du premier à l'extrémité du dernier.

Pour cela, on considère un couloir rectiligne ayant pour axe le premier segment $C_0 C_1$ du croquis. On recense les "n" segments adjacents suivants, contenus dans ce couloir et on remplace la ligne brisée $C_0 C_1 \dots C_{n-1} C_n$ par le segment $C_0 C_n$. Puis l'on procède, de même, en prenant pour nouvel axe le segment $C_n C_{n+1}$ etc... jusqu'à épuisement du croquis.



croquis avant lissage
 ---- croquis apres lissage

La ligne brisée $C_0 C_1 C_2 C_3 \dots C_7$ est remplacée par les 2 vecteurs $C_0 C_4$ et $C_4 C_7$.

FIG. 29

Remarque:

Le fait que la tablette reçoive des points à intervalles de temps réguliers, sans tenir compte de leurs positions relatives, permet de faire intervenir la vitesse de tracé, de conserver sa trace. Plus la densité de points est forte, plus la vitesse est faible. Ceci est intéressant si l'on veut utiliser le croquis en question, comme trajectoire.

Le lissage fait perdre la vitesse de tracé du croquis. Le filtrage conserve la vitesse à un facteur près. Ce sera donc à l'utilisateur de jouer avec l'un ou l'autre, en connaissance de cause, suivant le rôle qu'il veut attribuer à chaque croquis.

Nous reviendrons sur cette notion de vitesse dans la partie animation.

(*) Méthode citée dans:
"Optimizing curve segmentation in computer graphics"
K. REUMANN et A. P. M. WITKAM (KONSTANZ).
I. C. S. - 1973 - DAVOS -
EDITORS: A. GUNTHER - B. LEVRAT - H. LIPPS -

B - Apport de points supplémentaires

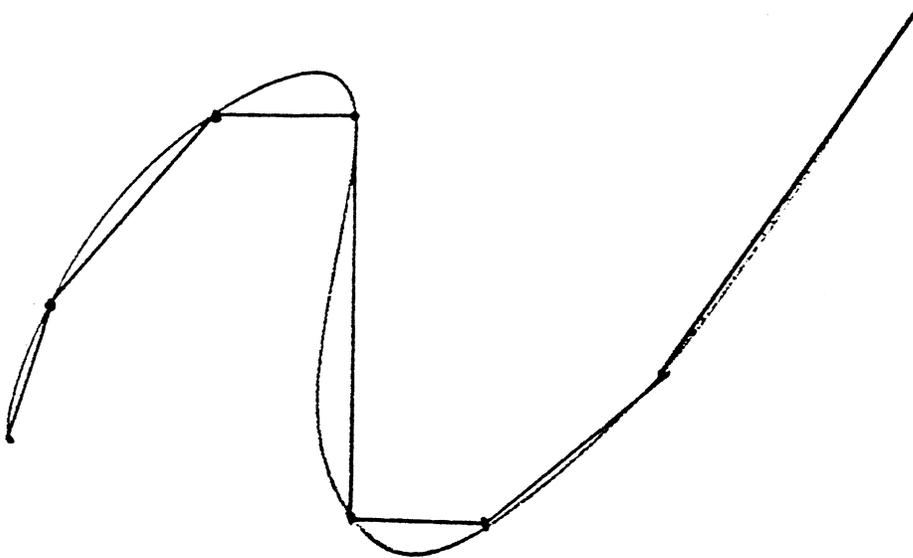
Ici encore la notion de vitesse entre en jeu.

Deux cas peuvent se produire:

Premier cas

- La vitesse de tracé est telle que le nombre de points est insuffisant. Quels sont les critères d'insuffisance? Nous en voyons au moins deux:

- La vitesse du tracé est telle qu'au lieu d'obtenir une courbe on a une ligne brisée.



Ligne brisée

Fig. 30

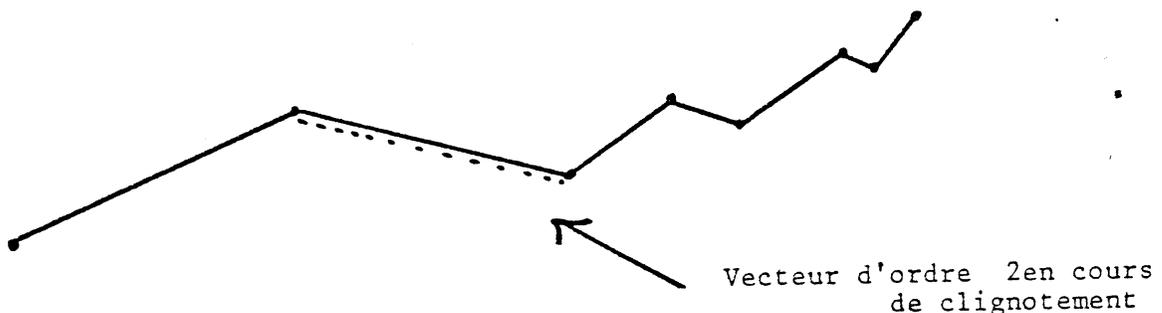
En effet, l'artiste, pour lancer une ligne, a souvent besoin d'opérer rapidement. Cette première insuffisance est visuelle, esthétique. Elle n'est pas liée au rôle de trajectoire éventuelle que pourrait avoir le croquis en question.

- D'un autre côté, bien que le croquis soit satisfaisant du point de vue aspect, la densité des points peut être trop faible, vu le rôle de trajectoire auquel le croquis peut être amené à jouer. Cet apport de points permettra de diminuer la vitesse de déplacement sur la trajectoire, sans changer sa forme, en conservant une vitesse "semblable". On peut qualifier cette seconde insuffisance de tactique.

On peut remédier à ces deux insuffisances de points, par une interpolation régulière sur tout le croquis. Par interpolation régulière, nous entendons qu'entre deux points consécutifs du tracé, est intercalé un même nombre de points. Ceci, car nos croquis sont des primitives et que dans la plupart des cas, il est impossible d'en contrôler les différentes parties.

Cependant, quand il s'agit d'insuffisance visuelle, on peut envisager une interpolation modulée. En effet, les différents segments de la ligne brisée sont alors visibles. Il est donc possible de définir une interpolation segment par segment. A l'utilisateur de fournir la suite de paramètres voulus. Cela nécessite la connaissance par l'utilisateur, de l'ordre de la suite de segments du tracé, afin que suite de paramètres et suite de segments se correspondent.

Il suffit d'avoir un opérateur permettant d'afficher les segments, les uns après les autres, les segments, avec une couleur différente de celle du reste du tracé ou avec clignotement. Au fur et à mesure de leur affichage, l'artiste fournit les paramètres d'interpolation correspondants.



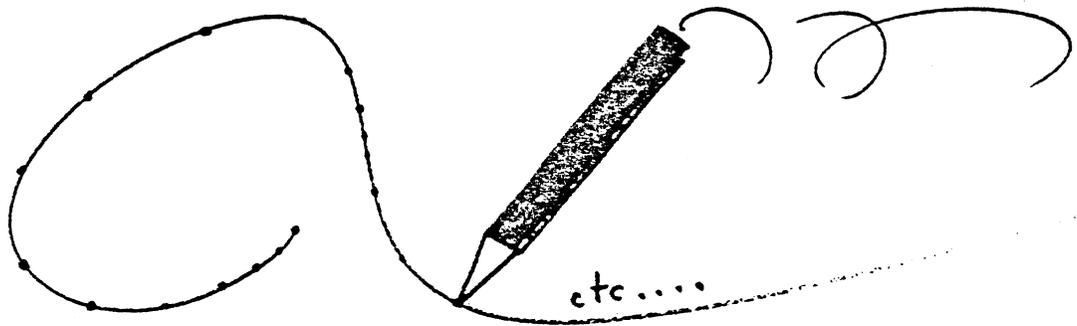
INTERPOLATION (LIN,3) (POLY,4).
Fig. 31

Deuxieme cas

On a un tracé dont la forme est satisfaisante, mais dont la répartition des points doit être complètement remaniée. Ce problème se présente, quand la vitesse désirée de déplacement sur la trajectoire n'a rien à voir avec celle du tracé de cette même trajectoire.

La façon la plus simple de procéder, est de créer un nouveau croquis point par point en se servant de l'ancien comme support.

La nouvelle répartition des points, est complètement dominée par l'artiste qui peut contrôler la densité de ses points comme il la sent, réfléchir aussi longtemps qu'il le désire avant de placer chaque point.



Répartition dans le sens de déplacement voulu
Fig. 32

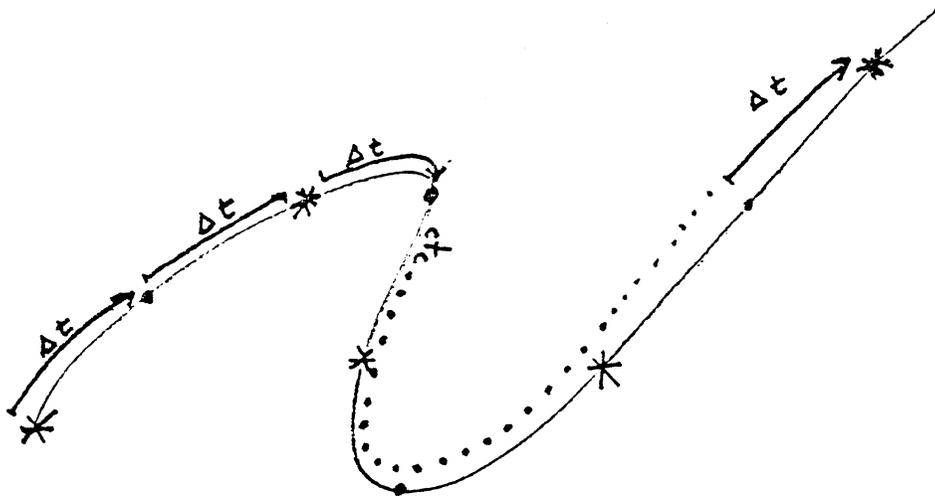
C - Instruments de mesure

Pour contrôler parfaitement le mouvement, la vitesse, la durée de déplacement, l'artiste a besoin de connaître parfaitement les caractéristiques de ces trajectoires:

- graduation à intervalles de temps réguliers
- calcul du nombre de points d'un croquis
- équilibre du nombre de points de plusieurs croquis

Graduation à intervalles de temps réguliers

Jusqu'à présent, quand nous avons parlé de vitesse déterminée par la densité des points, nous avons supposé que l'intervalle de temps séparant deux points consécutifs est constant pour une même trajectoire.



Graduation tous les 2 temps à 2 t

Fig. 33

Il peut être intéressant pour l'artiste, pour mieux sentir la vitesse, de graduer sa trajectoire tous les 2 points, les 3 points etc... suivant la densité des points.

Le système peut placer, aux intervalles demandés, un caractère spécial, comme une étoile par exemple.

- Calcul du nombre de points d'un croquis

Connaître le nombre de points d'une trajectoire permet de savoir la durée nécessaire pour la parcourir et de construire en conséquence la trajectoire d'autres mobiles qui se déplacent simultanément.

- Equilibre du nombre de points de plusieurs croquis

Ceci est utile dans les cas suivants:

- Parcours de plusieurs trajectoires différentes ou de trajectoires, pendant un même laps de temps.

- Rencontre de deux mobiles en un même point.

On peut envisager plusieurs techniques qui résolveraient le problème de façon automatique par interpolations sur des intervalles donnés, répartition plus ou moins régulière suivant des lois données. Mais toutes ces techniques ne permettraient pas à l'artiste de contrôler entièrement le mouvement ou exigeraient de sa part, dans le meilleur des cas, afin d'effectuer un certain contrôle, de fournir une liste de paramètres numériques qui ne représenterait pas grand chose pour lui.

La façon la plus simple et la plus naturelle de procéder pour l'artiste est d'effectuer une nouvelle répartition de points, à l'aide du crayon de la tablette, sur toutes les courbes voulues, comme nous l'avons expliqué plus haut.

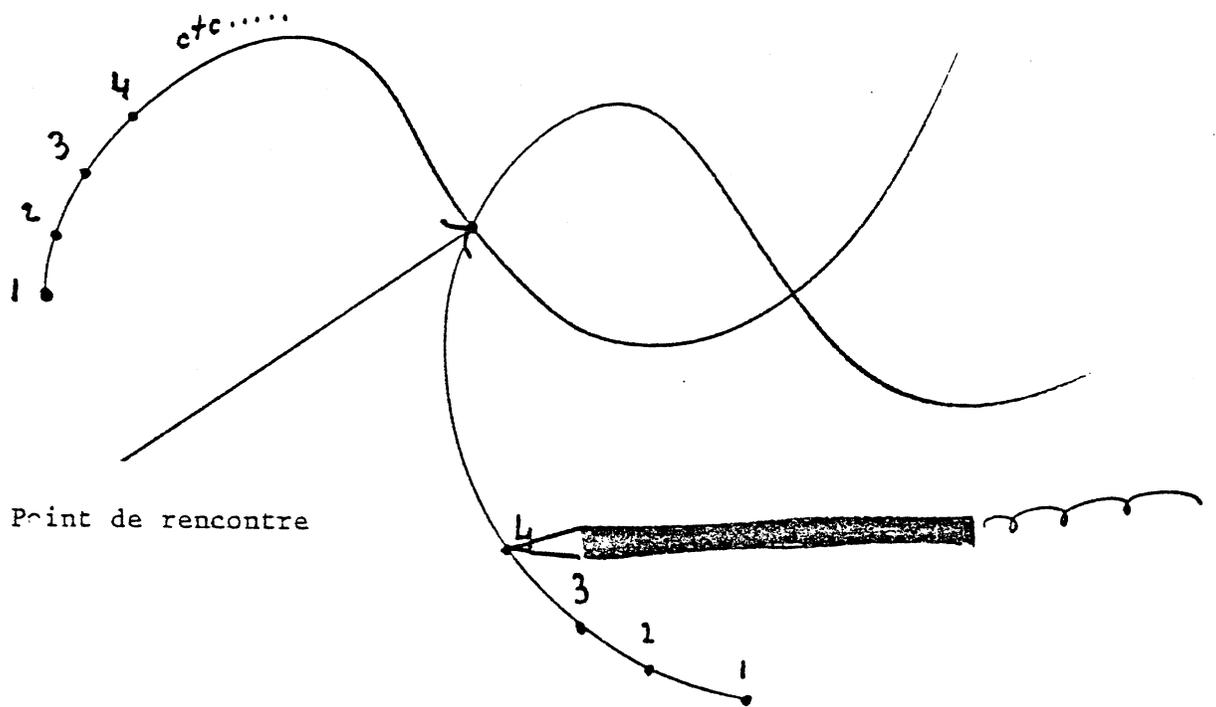


Fig. 34

L'artiste a seulement besoin de manipuler le crayon, l'outil qu'il préfère et qu'il comprend.

D - Opérateurs

Recensons les opérateurs correspondant à toutes les manipulations mentionnées dans les paragraphes A, B, C.

- . filtrage
- . lissage
- . interpolation régulière
- . interpolation modulée
- . affichage ordonné des segments d'un croquis
- . graduation à intervalles temporels réguliers

La "nouvelle répartition de points" dont nous avons parlé plus haut, n'exige aucun de ces opérateurs particuliers, quant à l'apport de point, c'est simplement un nouveau croquis qui est fourni point par point, mais cela nous amène cependant à introduire un nouvel opérateur concernant l'enregistrement de ce nouveau croquis:

Le calque

En effet, le croquis calqué sur l'ancien ne doit pas être enregistré sur la même page. Cela exige un mode d'entrée de points tel que la page "j", où se trouve l'ancien, soit affichée sur l'écran et que tout ce que l'on dessine dans ce mode soit inscrit dans la page libre "k" aussi affichée sur l'écran et choisie par le système.

Cela demande si t_j et t_k sont les tailles respectives des parties utilisées des pages "j" et "k", d'avoir:

$$t_j + t_k \leq T_I$$

avec :

T_I = taille maximale de l'image
= taille maximale d'une page

Il peut arriver que l'opération "calque" soit abandonnée en raison d'une saturation de l'image. Donc, la meilleure façon de procéder est la suivante:

Le système duplique sur une page libre i , si elle existe, le croquis désigné par l'utilisateur qui désire la calquer. L'opération calque se fait alors sur une autre page libre k .

Un autre opérateur apparaît; la duplication sur des pages différentes. L'opération calque est impossible, si le croquis à calquer est trop complexe ou s'il ne reste pas suffisamment de pages libres.

Il ne faut pas confondre l'opérateur "CALQUE" et l'opérateur "DUPLICATION". Dans le premier, le croquis désigné sert simplement de référence et peut n'avoir rien à voir avec le croquis effectué sur calque. Dans le second, on reproduit exactement un croquis.

-- CHAPITRE V --.

- Transformations géométriques

A - Ensemble de définition

A première vue, les transformations peuvent s'appliquer à deux ensembles différents. En effet, elles pourront agir sur:

- un croquis
ou plusieurs croquis
- une partie de l'image
plusieurs parties de l'image
ou l'image toute entière

Ceci correspondrait donc à deux modes différents:

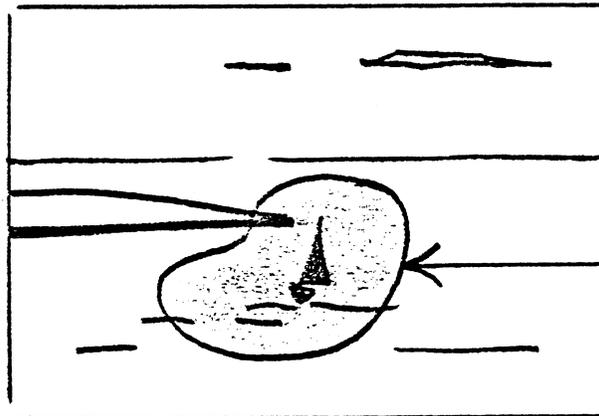
- le mode croquis
- le mode "champ visuel"

Le mode croquis

Les croquis sont des primitives graphiques, donc facilement identifiables. Il suffit de fournir la liste des croquis sur lesquels la transformation va s'appliquer.

Le mode "champ visuel"

Nous désignons par "champ visuel" une partie de l'image, partie qui n'est pas nécessairement rectangulaire mais convexe.



Champ visuel
en grisé

Image
Fig.35

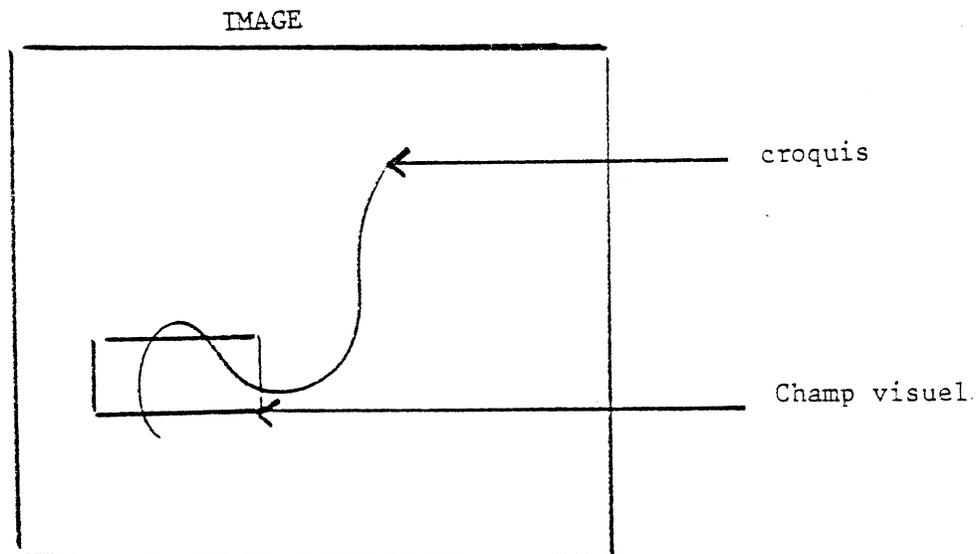
Le "champ visuel" défini dans l'espace correspond au "viewport" de NEWMAN et SPROULL (*). Comme ces derniers, nous sommes limités, pour l'instant, au "champ visuel" rectangulaire(**) dont les côtés, avant toute transformation géométrique, sont parallèles aux axes du repère absolu et donc aussi parallèles au bord de l'écran lorsque ce "champ visuel" est affiché.

 (*) "Principles of interactive computer graphics"
 William NEWMAN and Robert F. SPROULL - 1973
 "A clipping divider" SUTHERLAND ET SPROULL
 AFIPS Conference- Fall Joint 1968 -

(**) Sauf cas particulier, voir plus loin le paragraphe des volets tournants.

Il faut donc avoir un opérateur permettant de découper un "champ visuel" rectangulaire dans l'espace-image. NEWMAN, dans l'ouvrage cité plus haut, donne un algorithme simple pour effectuer ce découpage (clipping- SUTHERLAND et SPROULL). (*)

Le "champ visuel" une fois découpé peut être considéré comme un croquis. Et l'on est ainsi ramené au mode précédent. L'ordre de la suite de points définissant le croquis est déterminé par l'algorithme de découpage. Cet ordre n'est donc pas contrôlable par l'utilisateur. Ceci n'aura pas une grande importance. En effet, dans quel cas, l'utilisateur aura-t-il besoin d'effectuer des transformations sur un "champ visuel"? Faire un découpage, sur une partie de l'image ne contenant qu'un seul croquis, ne présente pas de problème. L'ordre adopté sera celui du croquis découpé.



"Champ visuel" travaillant sur un seul croquis

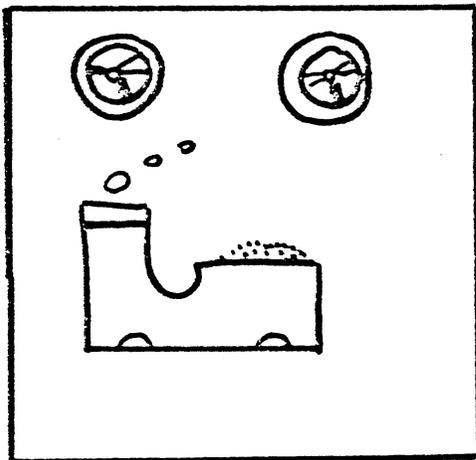
Fig.36

(*) Un algorithme inspiré de celui-ci, mais s'appliquant à des Secteurs angulaires, sera développé dans le cas de volets Tournants.

Sinon, opérer un découpage recouvrant en partie plusieurs croquis différents, n'aura de sens que si la position relative de ces croquis est significative, c'est-à-dire s'il s'agit par exemple de plusieurs éléments d'un même decor, ou de croquis destinés à être des dessins composés lors de l'animation. Le sens du tracé ne sera donc pas, dans la plupart des cas, important, sauf s'il s'agit de la composition de deux trajectoires. Dans ce cas-la, il suffit d'utiliser l'opérateur calque pour déterminer le sens du tracé.

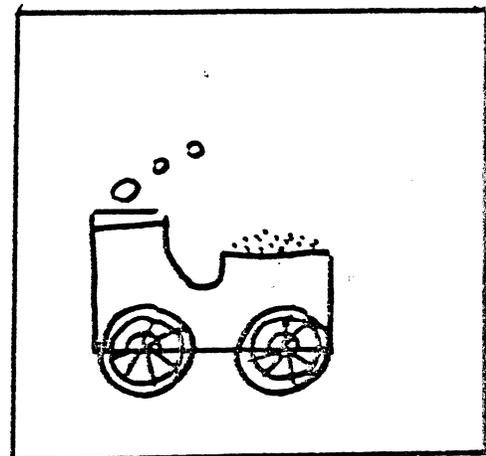
Précisons que les croquis destinés à se mouvoir ne se recouvriront pas, même partiellement, sur chaque page de notre carnet de croquis, à moins que ce recouvrement ait un sens dans l'animation future. Cette façon de procéder est tout-à-fait naturelle, à tout artiste qui n'effectue pas plusieurs dessins les uns sur les autres, sauf si l'effet est voulu.

Page i



à l'instant T_n :
3 croquis différents

page i



à l'instant T_{n+1} :
3 croquis différents
se recouvrent partiellement

Fig. 37

Remarque

Nous avons employé l'expression "fenêtre gommante" à propos de l'effacement d'un croquis, car elle nous paraît assez parlante.

Le mot "fenêtre" (window) est le terme consacré désignant la région de l'espace utilisateur correspondant au champ visuel de l'espace image. Rappelons que dans le système ANIMA nous avons décidé de ne pas distinguer les deux espaces.

Pour effectuer l'effacement, il suffira de placer un "champ visuel" de taille désirée à l'endroit voulu de l'écran, à l'aide photostyle ou du crayon de la tablette, suivant que l'on veut ou non agir sur un croquis déterminé ou sur plusieurs croquis imbriqués. Ce "champ visuel" sera bien entendu opaque, masquera tous les vecteurs s'y trouvant.

B - De quelles transformations s'agit-il?

B0 - Les transformations courantes

Il y aura en premier lieu les transformations courantes de base que nous exprimerons en coordonnées cartésiennes:

- Translations de vecteur V

$$V = (Tx, Ty)$$

$$(X', y') = T(x, y) = (x + Tx, y + Ty)$$

- Rotation, (C, θ) de centre C et d'angle θ

$$(x', y') = (C, \theta) (x, y) = (x, y) \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$(x', y') = (x \cos \theta + y \sin \theta, -x \sin \theta + y \cos \theta)$$

- Le changement d'échelle (scaling)

Qui est le produit des affinités suivantes:

- l'affinité de centre C
- l'affinité de centre C
 - de direction $Y' C Y$
 - d'axe $X' C X$
 - et de rapport k_y
- l'affinité de centre C
 - de direction $X' C X$
 - d'axe $Y' C Y$
 - et de rapport k_x

ce qui donne :

$$(x', y') = (k_x (x - C) + C, k_y (y - C) + C)$$

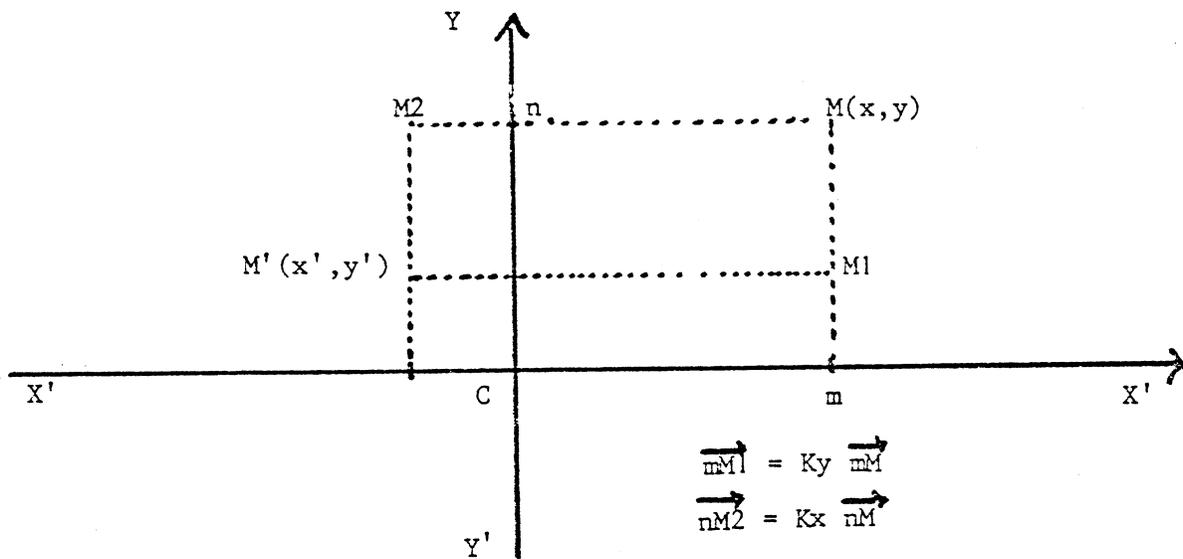


Fig. 38

Ces trois transformations peuvent être composées entre elles.

L'utilisateur pourra bien sûr appliquer ces transformations à des champs visuels, mais ce sera sur les croquis qu'elles seront le plus utilisées.

B1 - Les effets spéciaux

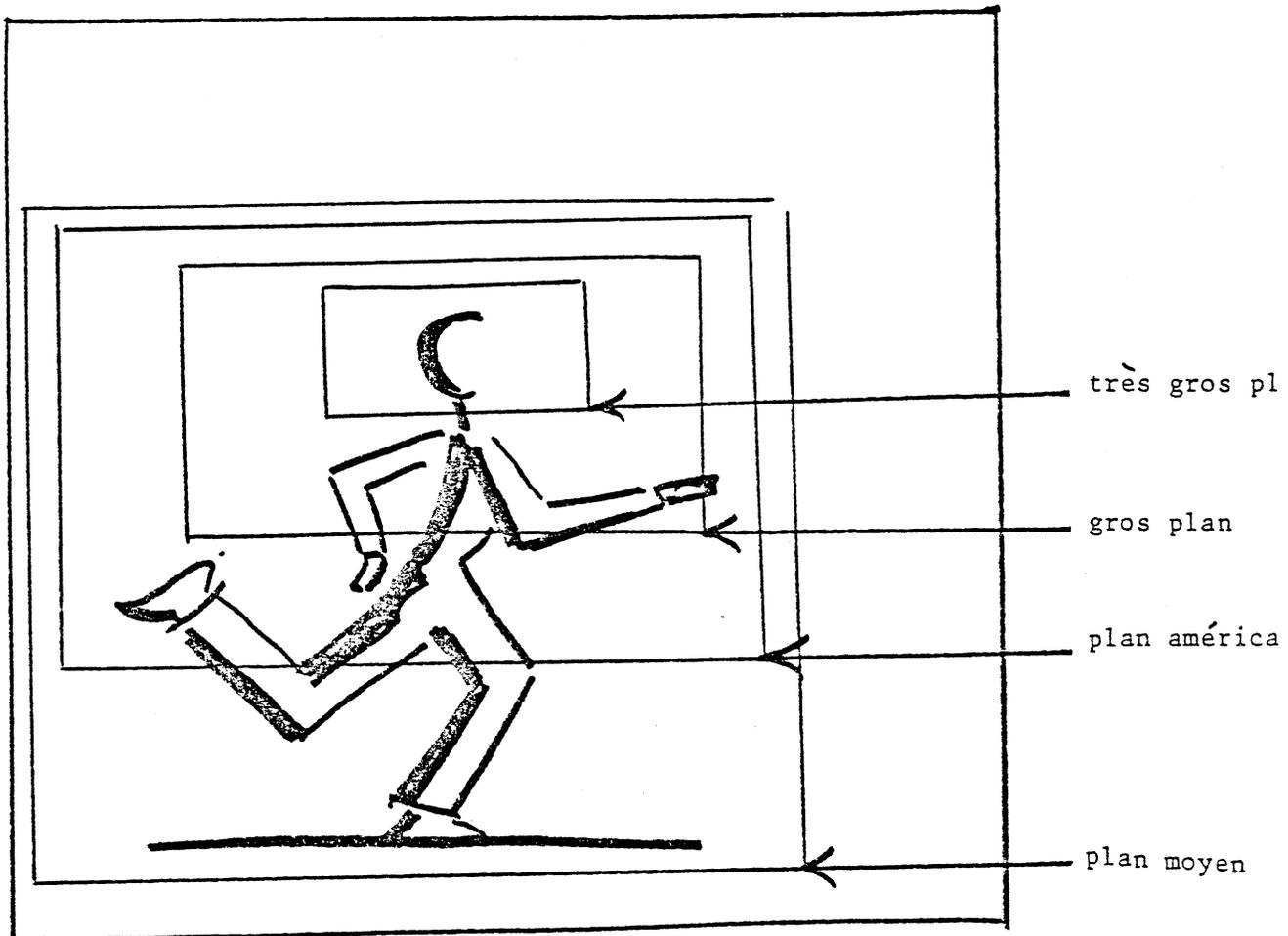
En second lieu, il s'agira de transformations plus directement liées aux effets spéciaux cinématographiques. Ces transformations sont, en fait, des compositions des transformations courantes citées ci-dessus, avec des opérateurs comme le calque, la duplication qui itérée donne la multiplication etc... le découpage du champ visuel y jouera un grand rôle.

- Le travelling qui permettra de passer du plan général au gros plan. Cette opération se fera en deux temps:

- Définition du champ visuel voulu et découpage correspondant

- Agrandissement de ce champ aux dimensions de l'écran par le produit d'une translation et d'une homothétie par rapport au centre du champ visuel.

(Cf- fig. 39)



Ecran

Qui dans ce cas correspond au plan général

Fig. 39

- Le panoramique

Cela consiste à faire défiler un décor qui occupe plusieurs pages de notre carnet de croquis. Ce défilement peut avoir lieu dans les deux sens:

- . latéral : (gauche
(droite

- . vertical : (haut
(bas

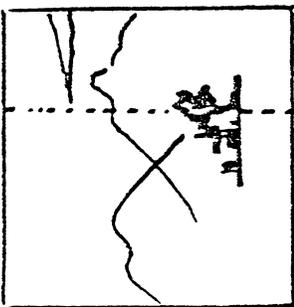
Les images de deux pages adjacentes doivent donc se correspondre sur les côtés adéquats.

- Tracé du panoramique (cf. Figure 40)

Soit $\{P_i \dots P_{i+n}\}$ la suite de "n" pages sur laquelle le décor panoramique sera enregistré.

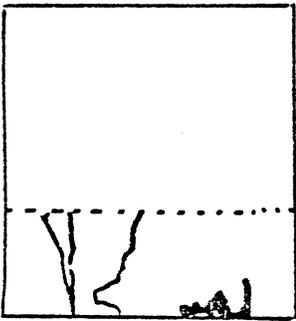
L'artiste trace donc sur la page P_i , la première partie du décor et demande l'enregistrement de cette page. Il délimite ensuite un champ visuel de la dimension voulue, sur le côté droit de l'écran (nous nous plaçons dans le cas d'un défile latéral droit) et demande le découpage correspondant. Nous sommes alors sur la page P_{i+1} . Une translation latérale gauche suffit ensuite, à amener ce champ visuel sur la partie gauche de l'écran. L'utilisateur trace alors la suite du panoramique sur la partie droite encore libre. Cela revient à travailler en mode calque. Après un décalage gauche de la longueur du champ visuel et le tracé correspondant sur la partie droite libérée, la page P_{i+1} est terminée. On itère l'opération autant de fois qu'il est nécessaire pour épuiser le panoramique.

page i



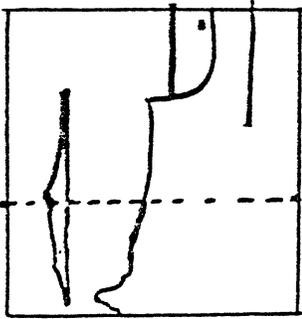
Champ visuel
choisi par
L'utilisateur

découpage
et



translation

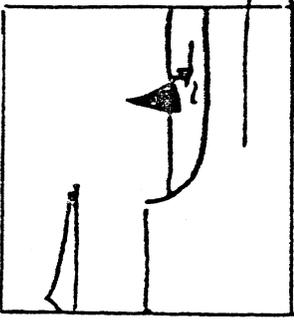
suite du
dessin



en mode
calque

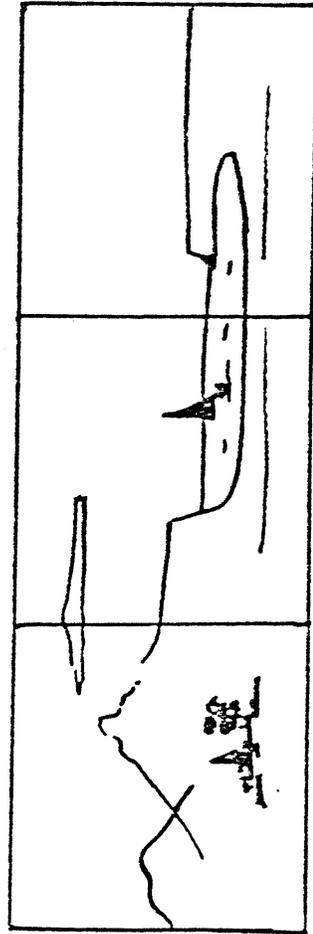
translation

vers la gauche



page i+1

etc.....



Après tracé du panoramique

- Comment identifier ce panoramique?

Ce sera à l'utilisateur de fournir un nom adéquat. Nous voyons ici, une application de l'identification alphanumérique des pages. L'utilisateur adaptera donc un code, pour exprimer que la page en question fait partie de la classe des panoramiques, du panoramique un tel de la classe, de la page "j" du panoramique.

Dans notre exemple, on pourra donner le nom:

```
PAN101  à la page  Pi
PAN102  à la page  Pi+1
PAN103  à la page  Pi+2
```

Avec

```
      PAN  1  02
      ---  -  --
      |   |   |
      classe | page 2
panoramique | du panoramique
              | en question
              nom du
              panoramique
```

En consultant le catalogue, l'utilisateur pourra avoir immédiatement le panoramique en question. Dans ce cas, le chaînage des pages {PiPi+n} semble inutile. Nous développerons plus loin l'animation de ces panoramiques.

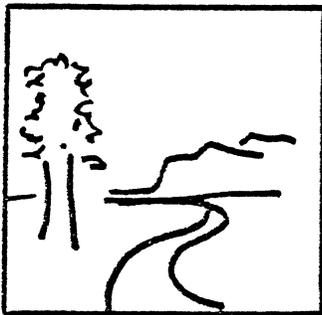
Remarque

Nous avons donné l'exemple d'un panoramique totalement tracé à la main et continu. Rien n'empêche l'artiste d'utiliser des pages quelconques, pour créer des panoramiques discontinus de sa composition, une fois qu'il maîtrisera tous les outils mis à sa disposition.

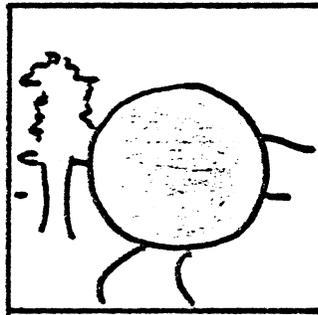
- Caches et contre-caches de différentes formes et volet tournant

Il s'agit de visualiser seulement certaines parties de l'image.

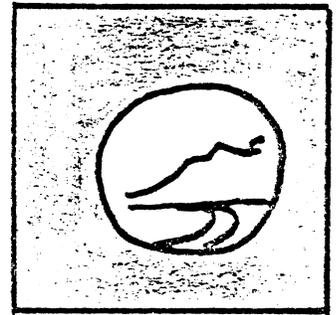
- On désigne par "CACHE" tout ensemble de champs visuels masquant la partie correspondante de l'image et masquant le "CONTRE-CACHE", les champs visuels masquant la partie complémentaire de l'image par rapport au cache précédent. Les caches et contre-caches peuvent donc être de formes variées. Pour l'instant, nous nous sommes limités au champs visuel rectangulaire. Tout cache ou contre-cache sera donc décomposable en un nombre fini de rectangles.



Image

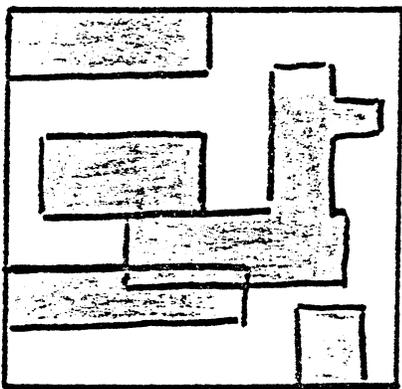


Cache
et image resultante



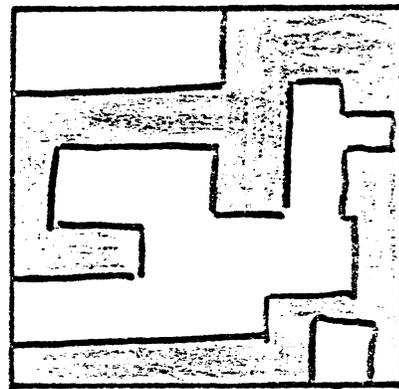
Contre-cache
et image resultante

Exemple de cache et contre-cache de forme quelconque



Cache

Fig.41



Contre-cache

Exemple de cache et contre-cache rectangulaires

- Volet tournant

Il s'agit de masquer, peu a peu, une image à l'aide d'un cache tournant, en forme de secteur angulaire. Tout en faisant tourner le cache, on l'applique à l'image précédente déjà masquée. On ajoute donc, à chaque fois, au cache précédent, un secteur angulaire supplémentaire d'angle: $\theta = 360 \text{ degrés}/k$ (k N), Après "k" déplacements du secteur, l'image est masquée complètement. (Il s'agit donc de secteurs à angle aigu).

Pour effectuer le découpage d'un secteur, nous allons proposer un algorithme inspiré de celui de NEWMAN. Comme ce dernier, il procédera en deux étapes:

- Diviser l'écran en quatre régions, permettant d'éliminer rapidement par un test de rejet une grande partie de segments extérieurs au secteur. (Cf. Fig.43 B, F)

- Traiter les vecteurs non éliminés dans la première étape en considérant leurs intersections avec les cotés du secteur.

Le test de rejet consiste à diviser l'écran en quatre régions obtenues en prolongeant les côtés du secteur. Chaque région est codée sur 2 bits en s'arrangeant pour que l'intérieur du secteur ait pour code 00, ce qui donne:

1er bit = (0 si le point est au-dessous du
(côté supérieur
(1 sinon

2me bit = (0 si le point est au-dessus du
(côté inférieur
(1 sinon

On associe à chaque extrémité de segment, un code correspondant à la région où il se trouve.

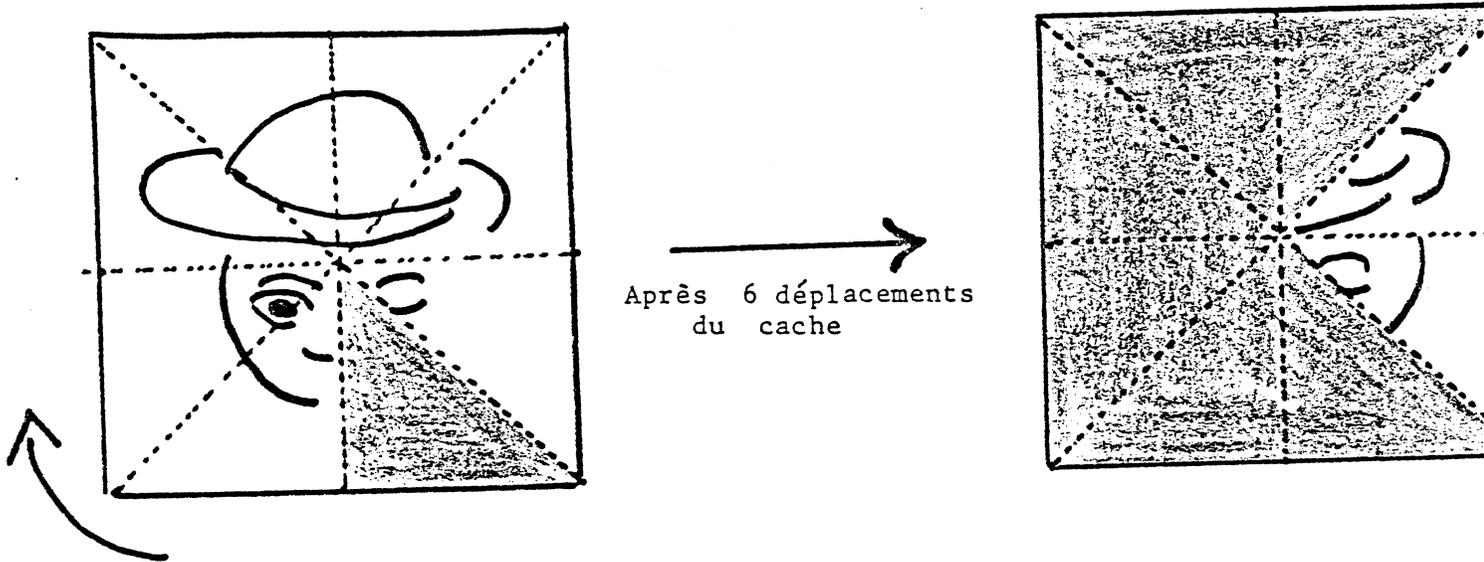
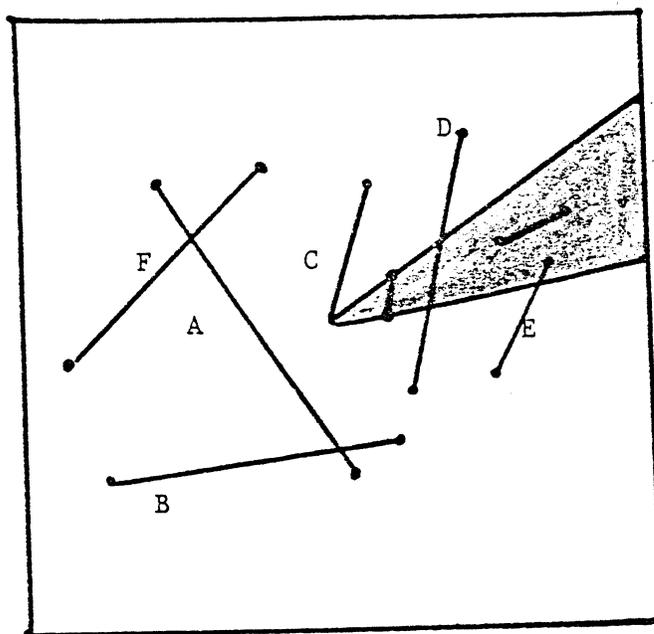


Fig.42



Ecran

Fig.43

D'où:

==> les segments dont les deux extrémités ont pour code zéro, sont intérieurs aux secteurs

==> les segments dont les deux extrémités de code non nul et tels que l'intersection logique des deux codes soit non nulle, sont extérieurs aux secteurs.

Quant aux segments ne rentrant pas dans ces deux catégories, on calcule successivement leur intersection avec les deux côtés du secteur en éliminant à chaque fois, par le test de rejet, la partie de segment voulue. Dans le cas de la figure ci-contre (Fig. 44), Les segments α et β sont éliminés tout de suite par le test de rejet. Il faut par contre procéder par intersections pour les segments γ et AD.

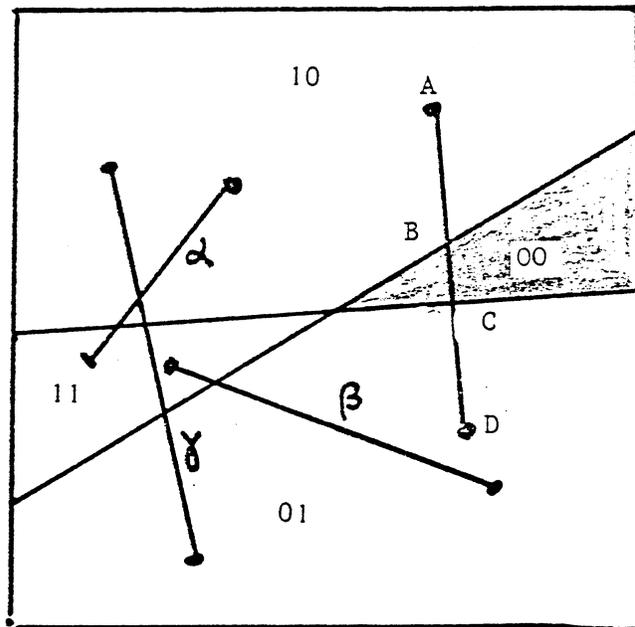


Fig. 44

Le bon usage de volets tournants permet d'effectuer des fondus enchaînés. Il suffit de faire tourner un volet identique et dans le même sens sur deux images I et J différentes. On a alors deux séries d'images {I1Ik} et {J1Jk}. Il suffit de superposer les images I1 et Jk-1+1. On obtient la série:

$$\{I1 Jk, I2 Jk-1 \dots Ik J1\} (1)$$

L'opérateur calque intervient encore ici. La superposition peut n'être pas possible. L'artiste allège alors ces croquis en conséquence. Le défilé de la série (1) donne un fondu-enchaîné.

N.B. On peut obtenir des fondus enchaînés d'un autre style par interpolation entre deux images.

Nous n'avons pas cité tous les effets spéciaux, mais ceux dont nous avons parlé permettent d'en obtenir beaucoup d'autres. Nous avons détaillé certains pour montrer qu'il était possible de les implémenter avec seulement quelques transformations de base: le découpage, la translation, l'homothétie et la rotation. Mais ce n'est pas la partie indispensable du système.

B2 - L'interpolation

Nous citerons ici, juste pour mémoire, l'interpolation. Pour avoir une étude détaillée de la question, il suffit de se reporter à la partie de notre historique correspondante et aux travaux de F. MARTINEZ sur ce sujet.

Nous précisons cependant qu'à notre avis les différentes techniques d'interpolation utilisées doivent laisser la plus grande part de contrôle possible à l'artiste pour qu'il puisse diriger la déformation. Celle-ci ne doit pas être le résultat d'un calcul automatique, gouverné par des algorithmes qui peuvent être très astucieux, mais qui agissent sans demander l'avis de l'artiste.

C - Comment manipule-t-on ces transformations?

L'utilisateur peut se servir des transformations précédentes de différentes façons:

C0 - En procédant PAS a PAS:

- Demande d'une certaine transformation appliquée a N croquis
- Exécution immédiate
- Affichage du résultat sur l'écran

Quant à la formulation de la demande, nous adopterons la notation suivante:

NOM = nom de la transformation désignant son type
PARAM = paramètre de la transformation en question

Le système de parenthèse se lira comme suit:

A l'exécution de l'expression lue, l'enregistrement et l'affichage du résultat doivent être faits après tout couple de parenthèses, ouvrante-fermante, qui n'est pas englobé dans un autre couple.

Nous aurons donc, si la transformation est:

- Simple (NOM, PARAM)
- Composée de plusieurs facteurs
((NOM1,PARAM1) (NOM2 PARAM2)..... (NOMp PARAMp))

C1 - En procédant de façon globale:

- Demande d'une liste ordonnée de "m" transformations appliquées a "n" croquis.
- Exécution, après écriture de cette liste par l'utilisateur: celle-ci s'accompagne de
L'enregistrement et affichage des résultats, au fur et à mesure, de l'exécution de chaque éléments de la liste.

S'il s'agit:

- D'un seul type de transformations associées à une suite de paramètres constants itérés ou de paramètres variés, nous

parlerons d'instruction au sens large, nous aurons:

NOM, (PARAM) (PARAM).....(PARAM)
ou
NOM, (PARAM1) (PARAM2).....(PARAMm)

- D'une liste de transformations de types différents avec leurs paramètres associés, nous aurons:

(NOM1 PARAM1) (NOM2 PARAM2).....(NOMm PARAMm)

Nous parlerons de transformations en série. Dans les deux cas, nous pouvons avoir des transformations composées, ce qui donnera:

Itération

• NOM1.....NOMk (PARAM1.....PARAMk).....(PARAM1.....PARAMk)
ou
NOM1.....NOMk (PARAM11.....PARAM1k).....(PARAMm1.....PARAMmk)

Types différents: en série

• ((NOM11 PARAM11).....(NOM1k1 PARAM1k1)).....
.....((NOMm1 PARAMm1).....(NOMmkm PARAMmkm))

Dans les deux cas, C0 et C1, cités plus haut, l'exécution est relativement immédiate en ce sens qu'elle se fait tout de suite après la commande de transformation plus ou moins élaborée. On peut envisager un troisième cas.

C2 - En procédant par programme

Il ne s'agit plus d'une commande, mais d'une instruction, qui est un élément d'un programme. L'exécution de l'intersection, commandant la transformation demandée, ne se fera qu'après compilation du langage.

La procédure C0 sera utile, lors de la mise en page de notre carnet, pour déplacer ou changera l'orientation et la taille de tel ou tel croquis, ou encore pour observer tel détail de

l'image (découpage d'un champ visuel), l'interpolation n'intervient pas ici car c'est une transformation qui contrôle plusieurs résultats. La procédure C0 entrera en jeu pour toute utilisation statique de l'une ou l'autre des transformations disponibles du système.

Par contre, dans les procédures C1 et C2 qui permettent d'obtenir plusieurs "attitudes" d'un même croquis, la notion d'animation future est sous-jacente.

La procédure C1 sera employée en vue essentiellement de ce que nous appellerons l'animation élémentaire. Tandis que la procédure C2 entrera en action lors de la définition du bloc d'animation. La différence essentielle entre la procédure C1 et C2 réside dans le rôle joué par les croquis résultants. Dans la procédure C1, ces croquis sont des "attitudes" des croquis servant de références de modèle à une animation future. Tandis que les croquis résultant de la procédure C2 sont les celluloses (cf. Chapitre Sect. Animation- chap. I) de l'animation définitive. La gestion de ces celluloses interviendra seulement sur le chapitre traitant du bloc d'animation.

D - Gestion des croquis transformés par C1 -
MODEL-SHEET -ESQUISSES

Si dans la procédure C0 le croquis obtenu remplace dans la plupart des cas le croquis original, dans la procédure C1 il s'agit d'une série de croquis transformés. Un croquis transformé sera encore pour nous un croquis (cf. Définition). Faire une distinction, nous paraît nuire à l'unité et à la souplesse du système. Un croquis transformé pourra donc être à son tour transformé.

Remarque

Le calcul du transformé par programme est entaché, à chaque fois, d'une certaine erreur, due à la précision plus ou moins grande, permise par l'ordinateur utilisé. Au bout d'un certain nombre de transformations, cette erreur devient importante donc gênante: un carré après "n" rotations prend peu à peu une forme trapézoïdale. Nous avons donc pris l'option suivante:

Lors d'une transformation itérée ou d'une suite de transformations différentes (procédure C1 ou C2) les calculs

seront toujours faits, si cela est possible, à partir de l'original immédiat, c'est-à-dire le croquis auquel s'applique la transformation demandée. Autrement dit, toute transformation itérée, ou suite de transformations différentes sera considérée comme une transformation composée dont on visualise les différents états lors de la composition. Ceci, bien sûr, ne sera fait que si la composition des transformations en question a un sens.

Mais si le croquis considéré est déjà le résultat d'une transformation ou ne remontera pas à l'original primitif. Cela alourdirait trop le programme pour un avantage peu sensible. En effet, l'artiste demande une transformation par rapport au croquis qu'il a sous les yeux et non par rapport au croquis dont il était issu, qu'il ne voit pas et qu'il a oublié.

MODEL-SHEET

==>A ces nouveaux croquis qui représentent plusieurs aspects, même déformés, d'un croquis dit original, nous donnerons le nom de "model-sheet" du croquis concerné. (Cf. Techniques traditionnelles d'animation)

ESQUISSE

==>Quant aux croquis, faits à la main, qui souvent servent de première forme à de nombreux croquis, nous donnerons le nom d' "esquisses."

Donc, ou va-t-on ranger ces nouveaux croquis, ces model-sheet et comment va-t-on les gérer?

Il s'agit de croquis (nous avons expliqué pourquoi) et par conséquent ils doivent figurer sur le carnet de croquis.

Nous nous sommes alors fixé les impératifs suivants:

- Notre carnet de croquis doit conserver, autant qu'il est possible, ses qualités de carnet ordinaire, c'est-à-dire sa souplesse:

- Mise en page modifiable par l'animateur

- Les pages, contenant un model-sheet, fonctionnent comme toute page ordinaire du carnet

En un mot, ce carnet ne doit pas devenir un répertoire avec colonnes et pages préétablies.

- Tout en satisfaisant au premier impératif, essayer, pour ne pas alourdir la lisibilité du carnet et pour faciliter son emploi futur lors de l'animation, de mélanger le moins possible esquisses et model-sheet, sauf demande expresse de l'utilisateur.

Pour ces raisons, la division de chaque page en deux parties, esquisses et model-sheet correspondants, ou la possibilité de mettre croquis original et model-sheet sur une même page, ont été écartées.

Nous avons donc adopté le système suivant:

1/ Le model-sheet d'un croquis est constitué d'une suite de pages chaînées préalablement libres. Le croquis original n'appartient pas au model-sheet.

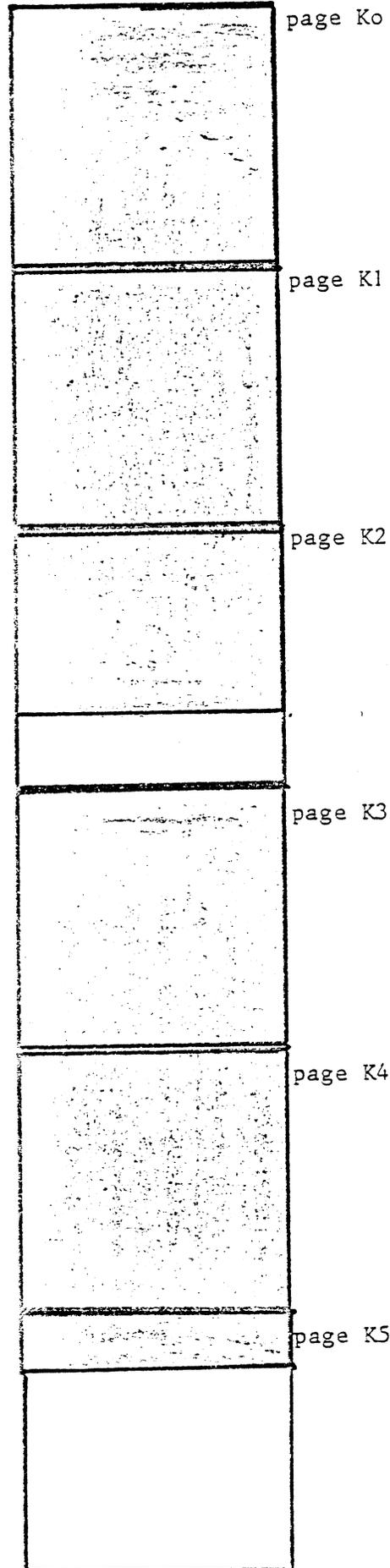
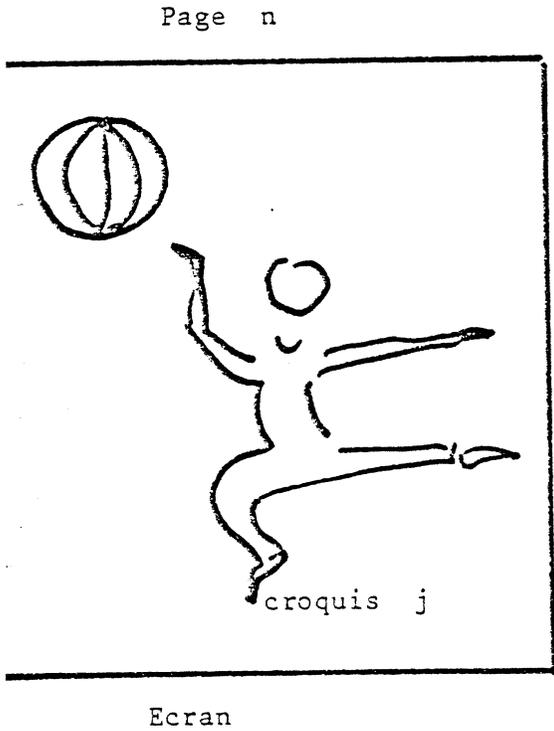
2/ Tout croquis peut avoir un model-sheet. Celui-ci est "ouvert" dès qu'une première transformation est appliquée au croquis concerné. Si une nouvelle transformation est appliquée à un croquis dont le model-sheet est déjà ouvert, la nouvelle suite de croquis engendrée est chargée sur une suite de pages libres chaînées. Cette suite de pages sera elle-même chaînée à la dernière page du model-sheet déjà existant.

==> Donc tout model-sheet d'un croquis est constitué d'une suite de morceaux correspondant aux transformations successives appliquées à ce croquis (cf. Figure 45).

Chaque morceau est constitué d'une suite de pages dont la dernière n'est pas nécessairement saturée.

Chaque morceau commence toujours à un début de page. Ceci laisse la possibilité, si la suite de croquis engendrée n'est pas trop importante, de voir d'un seul coup d'oeil le résultat d'une transformation. Une page de model-sheet peut être considérée comme une chronophotographie d'un mouvement donné.

Model-sheet du croquis j



Morceau correspondant a la 1^{ere} transformation appliquée

a la 2^{eme} transformator

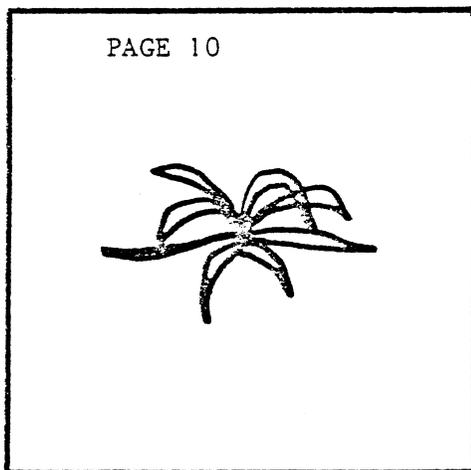
Fig.45

Comment seront disposés les différents croquis d'une "chronophotographie"? Toute transformation de type C1 s'effectuera, quand un centre sera nécessaire, par rapport à l'origine du repère associé au croquis. Lors de l'affichage sur la page du model-sheet, l'origine locale de chaque croquis sera confondue avec l'origine absolue de l'écran. Le mouvement analysé sur chaque page du model-sheet, peut être qualifié de mouvement "sur place" puisqu'il s'effectue par rapport à un repère local considéré comme fixe.

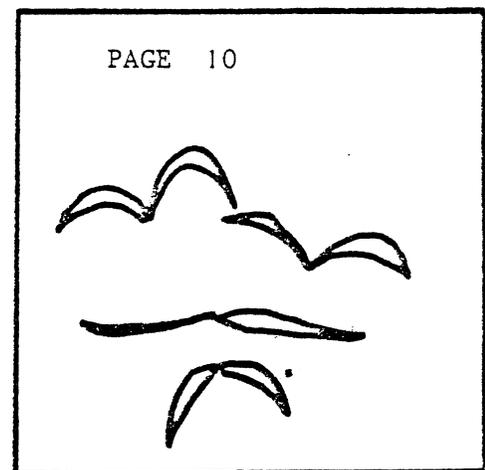
Lors de l'animation, ce mouvement pourra être combiné avec tout autre déplacement de son choix.

A l'affichage, les différents croquis seront donc très souvent imbriqués les uns dans les autres. L'utilisateur pourra alors les disperser à l'aide d'un opérateur de translation commandé par photostyle. Cet opérateur n'agira qu'au niveau de l'écran. Ce sera simplement un outil permettant de mieux observer des croquis. Il ne changera pas les rapports entre repère local et croquis. Nous avons ici un exemple d'un opérateur agissant uniquement dans l'espace écran.

Les deux premiers principes énoncés satisfont donc à l'impératif numéro deux.



Une page de model-sheet
présentant différentes
attitudes d'un oiseau



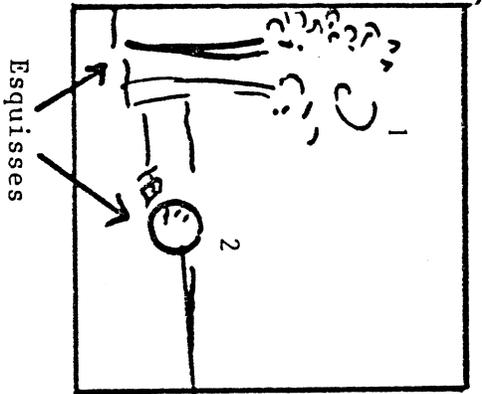
La même page après
"dispersion"

Fig.46

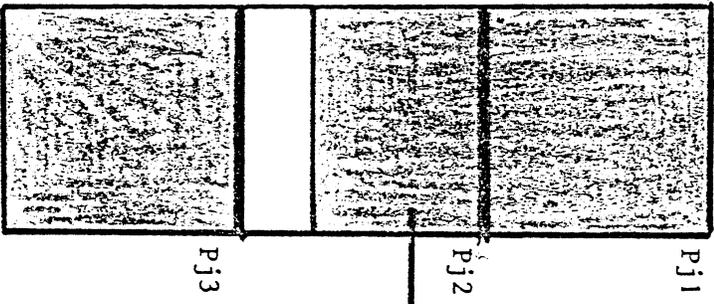
3/ Repondant à l'impératif numéro un, les pages du model-sheet sont utilisables comme des pages ordinaires du carnet. Il est donc possible d'ajouter des esquisses sur les pages non saturées.

=> Toute liberté est donc laissée à l'artiste pour planifier ces transformations afin de pouvoir insérer des esquisses aux endroits voulus.

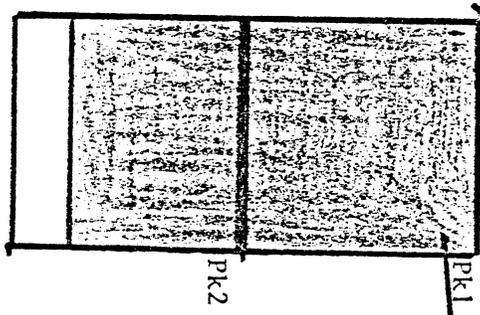
De même, chaque croquis d'une page d'un model-sheet doit être considéré comme un croquis ordinaire. Il est donc permis de lui appliquer à son tour une transformation de type C1 et par conséquent de lui associer un model-sheet - on peut ainsi de model-sheet en model-sheet s'éloigner de plus en plus de l'esquisse originale. Le nombre de niveaux est seulement limité par la taille du carnet de croquis.



Model-sheet
de l'esquisse 2
de Pi



Model-sheet
d'un croquis
de Pj2



Model-sheet
d'un croquis
de Pk1

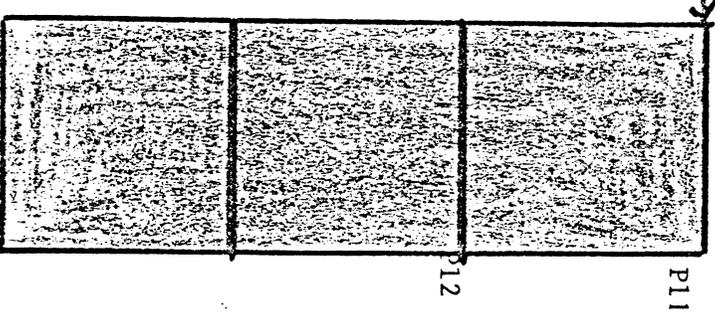


Fig.47

Opérateurs manipulant les model-sheets

- Obtenir à la demande le model-sheet d'un croquis donné. Ceci se fait en deux temps:

- Le système répond d'abord en précisant si le model-sheet demandé existe ou non.

- Si oui, il lance à la demande le défilé des pages du model-sheet dont la vitesse peut être contrôlée par l'utilisateur en appuyant sur la touche voulue pour chaque changement de page. Cet opérateur est le "reader" du model-sheet.

- Obtenir le croquis original d'un croquis appartenant à un model-sheet donné, c'est-à-dire original du model-sheet en question.

Gestion correspondante des pages et des croquis

La manipulation du model-sheet sous-entend une configuration adéquate des tableaux P et Ci dont nous avons parlé lors de la pagination.

Le tableau P contient les caractéristiques de chaque page. Le tableau Ci celles de chaque croquis de la page Pi.

La figure ci-contre montre leurs structures respectives. (Figure 48).

N.B. Nous avons parlé essentiellement de la procédure C1. Dans le cas de la procédure C0, deux possibilités peuvent se présenter:

- Le croquis résultat remplace l'original
- Croquis original et résultat sont conservés

P

numéro	nom alpha-numérique	taille de la partie utilisée	nb. de croquis	original	page précédente	page suivante
Caractéristiques ordinaires de la page				facultatif		
suivant appartenance ou non à un model-sheet						

C_i

numéro	nom alpha-numérique	adresse debut dans Pi	nb. de points	flag indiquant ouverture ou non du model-sheet	pointeur sur l ^{ère} du model-sheet
Caractéristiques concernant le croquis				concernant le model-sheet	

Dans la première, puisque toutes nos transformations géométriques n'augmentent pas le nombre de points d'un croquis donné, il n'y a pas de problèmes de substitution.

Dans la seconde, on procède comme pour C1. Le lancement de la transformation entraîne l'ouverture d'un model-sheet si celui-ci n'est pas encore ouvert. Un model-sheet peut donc être créé, croquis par croquis, avec un seul croquis par page. Cet inconvénient n'est pas grave. Puisque les pages du model-sheet peuvent être utilisées comme des pages ordinaires. L'utilisateur peut reclasser lui-même ces croquis de façon adéquate. On pourrait, bien sûr, introduire une option permettant à l'utilisateur de préciser, au moment de la transformation C0, la page où sera placé le résultat. Mais ceci ne serait qu'une procédure de plus qui alourdirait la facilité d'emploi du système et nuirait à son unité.

E - Comment fournir les paramètres des différentes transformations?

Il s'agit toujours des transformations en mode C1 dont le mode C0 est seulement un cas particulier.

L'introduction des transformations et de leurs paramètres ne se fait pas à l'aide d'un langage, mais à l'aide des outils photostyle, clavier et tablette, ce qui permet de contrôler à tout moment la démarche de l'utilisateur.

On a donc des séries:

de transformations (. simples ou composées
(
(. itérées ou non

La possibilité, laissée à l'utilisateur, de fournir une série de transformations différentes composées ou non, itérées ou non, est superflue. Se limiter à une transformation simple ou composée, qui peut être itérée "n" fois au sens large du mot, ne ralentit pas de façon sensible l'introduction des paramètres.

Sauf pour l'itération, on travaille croquis résultat par croquis résultat.

L'utilisateur doit donc fournir au système pour obtenir un ou des nouveaux croquis, une liste de transformations

accompagnées d'un nombre d'itérations:

(Liste de transformations) (itérations)

Cette transformation peut s'appliquer à un ou plusieurs croquis au moyen du photostyle ou du clavier.

==> Rappelons que le centre des transformations, quand il est nécessaire, est toujours l'origine du repère local de chaque croquis sauf précision de l'utilisateur.

Les paramètres peuvent être introduits suivant deux modes:

- . mode numérique
- . mode graphique

Mode numérique

- Translation de vecteur V : Vx, Vy
- Découpage rectangulaire :
les deux extrémités d'une diagonale :
D1x, D1y ; D2x, D2y ;
- Rotation de centre C et d'angle θ
Cx, Cy ; θ
- Changement d'échelle (ou déformations) de centre C
et de coefficient S ($S \in \mathbb{R}^2$) :
Cx, Cy ; Sx, Sy

Toute transformation a donc, au maximum, 4 paramètres. L'entrée de ces paramètres peut donc être visualisée sous un format standard: un cadre rectangulaire de taille déterminée. L'utilisateur procède donc comme suit:

- 1/ Désigne, à l'aide du photostyle, la liste des types de transformations.
- 2/ Tape, au clavier, le nombre d'itérations voulues.
- 3/ Précise, si les paramètres sont constants ou variés.

4/ Le système affiche, alors, les différents cadres indiquant les paramètres à fournir. Une itération correspond à plusieurs cadres alignés. Une fois remplis, les cadres changent de couleur. Cet affichage se fait ligne par ligne jusqu'à épuisement de l'itération. Les paramètres numériques sont bien sûr introduits par clavier.

Remarque

Conserver la liste des transformations et leurs paramètres successifs, qui ont permis de créer chaque morceau de model-sheet, pourrait être intéressant pour l'utilisateur en vue de modification ultérieure. Cette liste avec le nombre de pages auxquelles elle s'applique pourrait être visualisée à la demande, lorsque l'on feuilletait le model-sheet. Cela poserait plusieurs problèmes:

- Le tableau P serait considérablement alourdi. Il faudrait pouvoir faire correspondre à chaque page une liste de transformations.

- De plus, puisque les pages du model-sheet doivent être utilisées comme des pages ordinaires (effacement, ajout de dessins supplémentaires faits à la main...), il serait difficile de tenir à jour cette liste de transformations, au fur et à mesure, des modifications du model-sheet.

Cette liste de transformations serait surtout utile avant l'animation pour "raffiner un model-sheet, c'est-à-dire faire une itération plus fine, ajouter des intermédiaires. Cet obstacle peut être contourné en procédant par interpolations.

De plus, lors de la création d'un morceau de model-sheet, il est possible de détruire immédiatement le morceau qui vient d'être formé.

ROTATION	DEFORMATION	MENU
CX=	CX=	
CY=	CY=	
θ =	SX=	
	Sy=	

Fig.49

Mode graphique

Seule l'étape (4) change. Les paramètres sont fournis graphiquement, mais visualisés au fur et à mesure de leur entrée, sous la forme numérique précédente. Un opérateur permet, en désignant le cadre voulu, d'obtenir la forme graphique correspondante. En effet, il n'est pas possible de rentrer les paramètres graphiquement, sous une forme standard, dans un cadre de taille déterminée, car pour la translation ou le découpage, les vecteurs peuvent avoir n'importe quelle taille.

- Translation

Tracé du vecteur V, l'ordre du tracé est significatif.



Fig.50

- Découpage rectangulaire

Tracé d'un vecteur représentant la diagonale du rectangle.

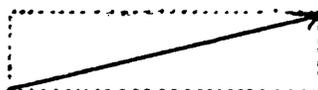


Fig.51

- Orientation

Dans le mode graphique, nous ne parlerons plus de rotation, mais d'orientation. Il s'agira d'indiquer l'orientation de l'axe OY initialement vertical du repère local du croquis.

Il apparait alors sur l'écran un cercle au centre indiqué par une croix. L'utilisateur trace un rayon orienté de façon voulue.

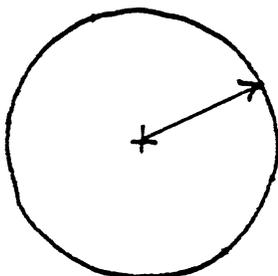


Fig.52

- Déformations par rapport à l'origine locale

Il apparait alors sur l'écran, deux axes orthonormés dont les vecteurs unitaires i et j sont indiqués. En plaçant un point sur chacun des axes relativement à l'extrémité de i et j l'utilisateur détermine parfaitement S_x et S_y .

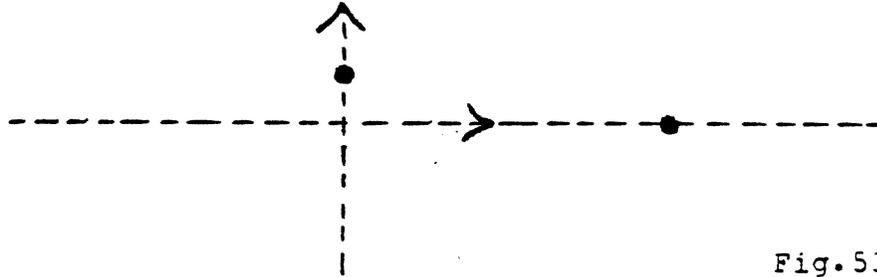


Fig. 53

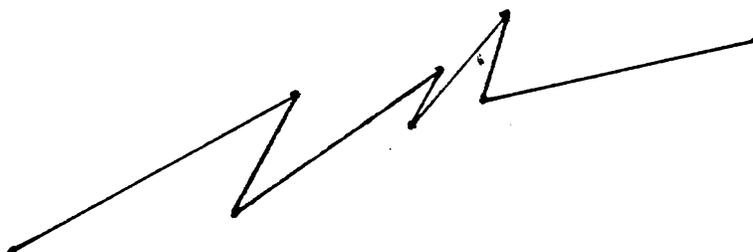
Dans le mode graphique, il est intéressant d'introduire une procédure particulière s'appliquant à une transformation simple, itérée au sens large, "n" fois. Cette procédure n'est utile que pour la translation et l'orientation.

- Translation itérée

L'utilisateur trace une suite de vecteurs vecteur par vecteur.

Fig. 54

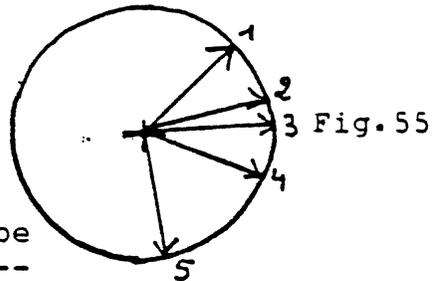
Les translations s'effectuent suivant l'ordre du trace.



- Orientation itérée

absolue

Les rotations s'effectuent suivant l'ordre du trace.

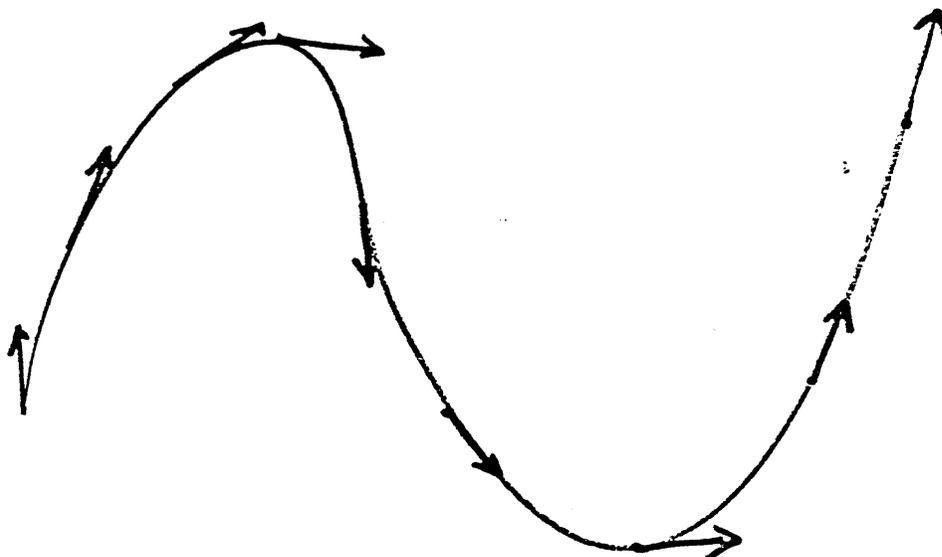


Relativement à une courbe

Il est intéressant de pouvoir définir l'orientation d'un croquis par rapport à un autre croquis qui jouera le rôle de trajectoire.

Il s'agit alors de tracer une série de vecteurs d'origine différente se déplaçant sur la trajectoire. La trajectoire ne fait à pas partie des paramètres de la transformation. Elle sert seulement de référence.

Chaque vecteur représente l'orientation de l'axe OY du repère local, du ou des croquis considérés.



-- CHAPITRE VI --.

OPERATEUR GLOBAL PERMETTANT DE PARFAIRE UN MODEL-SHEET

-A- "Lissage global" d'un model-sheet ou d'un morceau de model-sheet

Les différents croquis d'un morceau de model-sheet, bien que satisfaisant individuellement, peuvent être insuffisants quant à leur nombre et à leur progression: l'artiste désire leur ajouter des croquis intermediaires. Ceci peut être fait par interpolations.

Dans un premier temps, une interpolation linéaire simple entre croquis "semblables", c'est-a-dire provenant d'un même croquis original ou d'un autre croquis ayant le même nombre de points, permet d'obtenir des résultats déjà très satisfaisants. Un équilibrage préalable par calque, dont nous avons déjà parlé, permet une interpolation entre croquis dissemblables.

Cette interpolation sur un morceau de model-sheet, ou sur un groupe quelconque de pages de model-sheet, sera désignée par l'expression: "lissage global".

Le résultat de ce "lissage global", croquis intermediairés et extrêmes sera ajouté en fin de model-sheet.

-B "lissage global" d'une ou plusieurs pages du carnet

L'opérateur précédent peut être généralisé, à des pages quelconques du carnet de croquis, sans rien changer à cet opérateur, puisque les pages de model-sheet sont des pages du carnet.

Le résultat sera sur une suite de pages chaînées. Il n'y aura pas de croquis originaux associés, puisque ces derniers font partie des résultats.

-- CHAPITRE VII --.

CONCLUSION

Avant d'aborder le carnet de croquis, nous avons annoncé qu'il s'agissait de la partie statique du système. Nous allons maintenant nuancer cette affirmation.

Bien sûr, dans cette partie rien n'est animé, mais tous les concepts introduits, les instruments de mesure, les transformations ont été choisis en vue de l'animation future. Notre carnet de croquis n'est pas universel, c'est-à-dire utilisable par tout système graphique. Cette partie, qui a première vue peut paraître secondaire, est la pierre angulaire de tout le système d'animation. En effet, un grand pas dans la réalisation finale du "dessin animé" est fait lorsque l'on a, à sa disposition, la presque totalité des croquis nécessaires et quelques analyses essentielles de mouvement.

D'autre part, le carnet de croquis qui, d'un point de vue informatique, nous a demandé une étude et une description assez détaillée, se présente pour l'utilisateur de façon simple. L'artiste peut dessiner tous les croquis qu'il imagine et peut ensuite les comparer et les transformer à l'aide d'outils presque manuels qu'il peut dominer facilement. Toutes les transformations qui s'appliquent aux "dessins" sont contrôlables par l'utilisateur.

S E C T I O N I I

L' A N I M A T I O N

Bien que le carnet ait été conçu en vue de l'animation, la partie animation, proprement dite, du système n'intervient pas. Il faut bien séparer les problèmes. Animer consiste à créer, agencer la suite d'images définitives dont l'affichage successif formera le dessin animé, ce qui, en aucun cas n'a été fait dans la partie carnet de croquis. Cette suite d'images ne figurera pas dans le carnet et sera donc enregistrée sur un autre fichier.

--CHAPITRE 1 -- Notion de base propre à l'animation.

A -Point de vue graphique

A chaque image, un acteur, un personnage sera représenté par un ou plusieurs croquis liés entre eux. (La nature exacte de cette liaison sera définie plus loin de façon précise). Nous appellerons ce représentant un "cellulo", par analogie avec la façon de procéder à la main.

L'animation d'un acteur, du seul point de vue graphique, sera donc décrite par une suite de cellulos.

Lorsqu'il s'agira d'animer des acteurs dont chaque cellulo sera une primitive graphique, nous parlerons d'animation élémentaire et de cellulos élémentaires.

Si chaque cellulo est un groupe de primitives graphiques liées entre elles d'une certaine façon, nous parlerons alors d'animation par blocs et de cellulos composés.

B -Point de vue temporel

Pour avoir une animation complète, il nous faut introduire la variable temps, variable essentielle en animation, et qu'il est par conséquent nécessaire de pouvoir contrôler parfaitement. Cela nous amène à préciser plusieurs notions.

Le temps réel

C'est le temps mesuré en fonction des unités habituelles: secondes, minutes....

Le temps affichage

Celui-ci est compte par rapport à l'intervalle minimum de temps réel qui sépare deux affichages consécutifs. Cette unité de temps affichage sera égale, sauf modification voulue de l'artiste animateur, à:

$$\frac{1}{12} \text{ s} = 82 \text{ ms}$$

Vitesse

Ce terme, bien qu'employé couramment de façon assez large, s'applique, initialement, au fait de parcourir une distance plus ou moins grande par unité de temps.

Ce terme désignera la façon plus ou moins rapide dont un acteur parcourt une trajectoire donnée. Cette vitesse se traduira par la densité variée des points sur une trajectoire.

Rythme

La notion d'espace, de distance, n'entre plus en jeu. Il s'agit de la distribution d'une durée en suite d'intervalles, rendue sensible par le retour d'un repère. Ici le repère sera l'affichage d'un nouveau cellulo élémentaire. Un intervalle sera la durée, mesurée en temps-affichage, qui sépare l'affichage de deux cellulos élémentaires consécutifs correspondant à un acteur donné. A toute suite de cellulos élémentaires, correspondra une suite rythmique.

Nous appellerons acteur élémentaire l'ensemble des deux suites suivantes:

- suite de celluloses élémentaires
- suite rythmique

Ces deux données sont nécessaires et suffisantes pour décrire l'animation d'un acteur élémentaire. Il suffit d'afficher successivement les celluloses au rythme voulu.

--CHAPITRE II --

- Animation élémentaire =====

Cette animation ne concerne que les acteurs élémentaires.

1 - Construction des acteurs élémentaires -----

A - Animation d'un model-sheet

A1 - La suite de celluloses

Un model-sheet, tel quel, constitue une suite de celluloses dont le rang correspond à l'ordre de création. Un model-sheet peut être considéré comme l'aspect graphique d'un acteur simple.

Animer cet acteur élémentaire consiste d'abord à afficher successivement les croquis du model-sheet. Cette succession se fait à deux niveaux:

- celui des pages
- celui des croquis d'une page

En effet, chaque page du model-sheet, comme du carnet de croquis, est une suite ordonnée dont le rang correspond à l'ordre de création.

La page "n" est donc chargée dans la mémoire du processeur graphique avec seulement le croquis de rang 0 attaché au tube. Après chargement, le système procède à l'affichage successif

des croquis de la page, suivant leur rang. Ensuite, la page "n+1" est chargée etc... Il est évident qu'ici intervient la rapidité du matériel utilisé. Dans notre cas particulier:

- L'intervalle de temps, séparant l'affichage successif de deux croquis déjà en mémoire graphique, est de l'ordre de 30 millisecondes dans le pire des cas.

- Le transfert d'une page de l'unité centrale au processeur graphique est relativement long. Le transfert d'une page pleine est légèrement supérieur à une seconde, ce qui est assez important par rapport à 1/12 seconde.

C'est d'ailleurs cette caractéristique qui nous a amené à séparer les deux niveaux, pages et croquis, cités ci-dessus. Mais ceci n'est qu'un obstacle momentané. Il existe déjà des consoles munies d'un interface permettant un temps de transfert inférieur à 1/12 seconde. Nous en reparlerons en dernière partie. Ce transfert pourrait alors se faire plus simplement, d'une seule façon: croquis par croquis.

A2 - La suite rythmique

L'affichage, ainsi décrit, d'un model-sheet ne fait pas intervenir la notion de rythme. En effet, nous nous sommes appliqués à ce que la cadence d'affichage puisse atteindre 1/12, seconde, même dans le cas d'une image chargée. Mais rien n'a été fait pour contrôler cette cadence et si les images sont peu chargées, il se peut que la cadence soit plus rapide. On ne voit alors plus rien, ce qui n'est pas voulu par l'artiste! D'autre part, ce dernier peut désirer qu'une image reste sur l'écran pendant un temps déterminé t : $t = k.1/12$ Seconde avec $k > 1$. Ce qui sur une pellicule de film correspond à "k" images identiques successives, correspond sur la console à l'affichage d'une image pendant $k/12$ seconde.

L'artiste doit donc associer à chaque croquis un entier qui indique le temps affichage du croquis en question. Cela se traduira pratiquement par l'association, à chaque page du model-sheet d'une suite rythmique fournie à l'aide du clavier. L'artiste préfère certainement fournir le rythme de façon, encore plus immédiate, par exemple en tapant au rythme désiré. Cela est possible en utilisant le crayon de la tablette, qui peut recevoir un point toutes les 20 ms.

Quant au défilé, à la cadence voulue, des croquis du model-sheet, il sera contrôlé par une section d'attente d'une durée variable:

$$t_{\text{attente}} = K \cdot \frac{1}{12} \text{ s}$$

avec $K \in \{1/2\}$

($K = 1/2$, c'est-à-dire on revient à la cadence $1/24$ s pour les mouvements très rapides). Le lancement de cette section se fera:

- Dès le lancement de transfert d'une page du model-sheet. Le nombre K correspond alors au rythme associé au dernier croquis de la page précédente. L'affichage du croquis de rang zéro de la page transférée est lancé en sortie de sections d'attente.
- Dès l'affichage du croquis "n" de la page en cours. Le croquis "n+1" est affiché en fin de section d'attente.

Cette suite rythmique peut être remaniée autant de fois qu'il est nécessaire. Donc, à tout model-sheet peut être associée une suite rythmique.

==> Cela revient à faire correspondre à chaque page du modelsheet une suite rythmique.

Cette nouvelle donnée, qui est une donnée dynamique, une donnée d'animation ne fait pas partie du carnet de croquis. Elle sera stockée sur un nouveau fichier que nous appellerons la "charte d'animation". Elle doit être visible à la demande.

B - Animation d'une page

En généralisant, on peut associer à toute page de carnet une suite rythmique qui permettra de considérer le croquis d'une page quelconque comme une suite de celluloses.

Ceci exige un nouvel opérateur permettant d'agir sur le rang du croquis figurant sur une page: REORDONNER. Ceci peut être fait facilement et de façon immédiate en désignant au photostyle les croquis les uns après les autres, dans l'ordre voulu.

C - Animation d'une suite de pages

Après l'animation du model-sheet, suite de pages chaînées et l'animation d'une page, il est naturel d'envisager l'animation d'une suite de pages quelconques du carnet.

L'utilisateur peut facilement préciser cette suite à l'aide du clavier moyennant quelques conventions simples:

- Chaque numéro de page est séparé par une virgule

2, 3, 10, 4, 5

Pour l'animation effective, on procède comme pour un model-sheet. Ces suites de pages constitueront une seconde partie de la charte d'animation. Elles doivent être visibles à la demande.

Remarque:

Cette possibilité de définir des suites de pages permettra, en outre, de réorganiser les model-sheet à plusieurs niveaux, dont nous avons déjà parlé. Il sera possible d'insérer à l'endroit voulu, le model-sheet d'un des croquis d'un model-sheet donne.

D - Cycles

La répétition d'un certain mouvement est un procédé très utilisé en animation.

L'opérateur "CYCLE" permet, lors de l'animation, de répéter autant de fois que l'on veut la succession de croquis d'une suite de pages. Il s'applique à des pages et non à des croquis.

Pour l'utilisateur, créer des cycles, reviendra à insérer quelques caractères précis, de syntaxe simple, dans une suite de pages déjà créés ou en cours de création.

Un couple de parenthèses délimitera la suite de pages formant un cycle. Ce couple de parenthèses sera immédiatement suivi d'un entier naturel non nul entre deux crochets indiquant le nombre de répétitions:

(Suite de pages) [n] n E N *

Il est possible d'imbriquer plusieurs cycles les uns dans les autres.

Exemple:

2.(3, (10, 4) [2], 5, 2, 1) [1]

E - Conclusion

Cette animation élémentaire nous a permis de créer des acteurs élémentaires.

Jusqu'à présent, l'artiste n'a eu à utiliser aucun langage si ce n'est l'expression () [n] à propos du cycle. Il procède par touches successives. L'animation du model-sheet simple avec peu de dessins sert de banc d'essai. Cela lui permet de réaliser le film pilote d'acteurs élémentaires. Au fur et à mesure qu'il affine un model-sheet, ou qu'il arrange ces pages, les complète, il parvient à l'animation définitive. Ceci exige simplement, de la part de l'artiste, lors du travail sur carnet, de dessiner en fonction des acteurs élémentaires qu'il prévoit. Mais cette façon de procéder est assez naturelle à l'artiste animateur.

2 - Opérateur s'appliquant à des acteurs élémentaires

A - Le changement d'origine (porte sur la suite de cellulios)

La manipulation de l'origine du repère, attachée à chaque croquis, n'est intéressante que pour les dessins jouant le rôle de cellule d'un acteur élémentaire.

Cet opérateur permettra, de spécifier l'origine d'une suite de croquis semblables, d'une page ou de plusieurs pages. Rappelons que par semblable nous entendons une suite de croquis provenant de la transformation d'un même croquis original. L'artiste procède de la façon suivante:

- Désigne à l'aide du photostyle le premier croquis de la suite qui peut être l'original.

- Sur ce croquis, indique avec le crayon de la tablette (plus grande précision), le point qui sera l'origine. Le système

reconnait alors le point du croquis dont il s'agit et calcule son rang.

- L'artiste désigne au photostyle les autres éléments de la suite de croquis. Le système leur appliquera alors, comme origine à chacun, le point de rang calculé à l'étape précédente. S'il s'agit de croquis qui occupent plusieurs pages, au lieu de désigner chaque croquis au photostyle, l'artiste précise les pages.

Remarquons qu'une suite de croquis semblables peut être composée d'un seul élément. Il est possible d'appliquer cet opérateur à des croquis dissemblables. L'artiste doit se souvenir du sens du tracé qui détermine le rang du point origine et agir en connaissance de cause.

Cette opération peut être simplifiée si l'artiste procède à ce changement d'origine sur le croquis original avant transformation, c'est-à-dire avant la formation du model-sheet.

B - Opérateur TRAJECTOIRE

Ceci revient, à modifier la position des celluloses, d'un acteur élémentaire suivant une trajectoire donnée.

Tout cellulo est déplacé de telle façon que son origine vient se confondre avec le point de la trajectoire de même rang que le cellulo en question.

Une trajectoire est un croquis qui a été construit en vue de guider le déplacement d'un dessin (cf. Instrument de mesure dans la partie carnet de croquis). C'est donc une suite de points. Elle doit avoir autant de points que l'acteur élémentaire, auquel elle s'applique, a de celluloses. Cet opérateur s'applique donc à une suite de pages.

La position de chaque cellulo sur l'écran est alors significative. L'origine de chaque cellulo est alors l'origine absolue, le point (0,0).

C - Modification du tempo de la suite rythmique

Sans changer chaque terme de la suite rythmique, il peut

être intéressant de lui imposer une allure, un tempo plus ou moins rapide, c'est-à-dire de lui appliquer un facteur multiplicatif K : $K \in \mathbb{Q}^+$

D - Concaténation d'acteurs élémentaires

Cet opérateur permet de mettre bout à bout plusieurs acteurs simples pour en faire un seul. On obtient une animation sur un laps de temps plus important. Cela revient, puisque les suites rythmiques sont associées à chaque page, à concaténer, à chaîner les suites de pages dont nous avons parlé lors de l'animation d'une suite de pages et des cycles.

E - Transformation roulante

Sur un acteur élémentaire donné, l'artiste peut avoir envie d'appliquer une transformation munie d'un certain PAS et qui s'applique SUCCESSIVEMENT à tous les cellulos d'un acteur élémentaire. Le pas peut être nul.

Nous avons appelé une telle transformation une:

"Transformation roulante"

Par exemple, considérons la transformation "roulante" suivante:

Rotation (origine cellulo, 10 degrés)

PAS = 5 DEGRES

Sur le premier cellulo sera appliqué une rotation de 10 degrés, sur le second de 15 degrés, sur le troisième de 20 degrés etc....

NB. Le PAS peut être un vecteur à plusieurs composantes suivant le nombre de paramètres de la transformation.

F - Gestion sous-jacente des acteurs élémentaires

Chaque acteur élémentaire, représenté par une suite de pages, porte un nom alphanumérique donné par l'artiste. Ceci permet de créer un catalogue des acteurs élémentaires. La suite de pages données en exemple au paragraphe 1.D se présentera comme suit:

NOM

2, (3, (10,4) [2], 5, 2, 1) [1]

3 - Quelques types d'animation graphiques

A - Panoramique

On a une suite de pages destinée à défiler de façon progressive suivant un découpage plus ou moins fin.

1er temps

Chaque page doit être décomposée en champs visuels rectangulaires, c'est-à-dire en N bandes horizontales ou verticales suivant le sens du défilé.

2eme temps

La première page est affichée telle que. Ensuite l'image affichée fonctionne comme une file (queue - KNUTH). Par exemple (cf. Fig.57). Prenons le cas d'un défilé vertical haut:

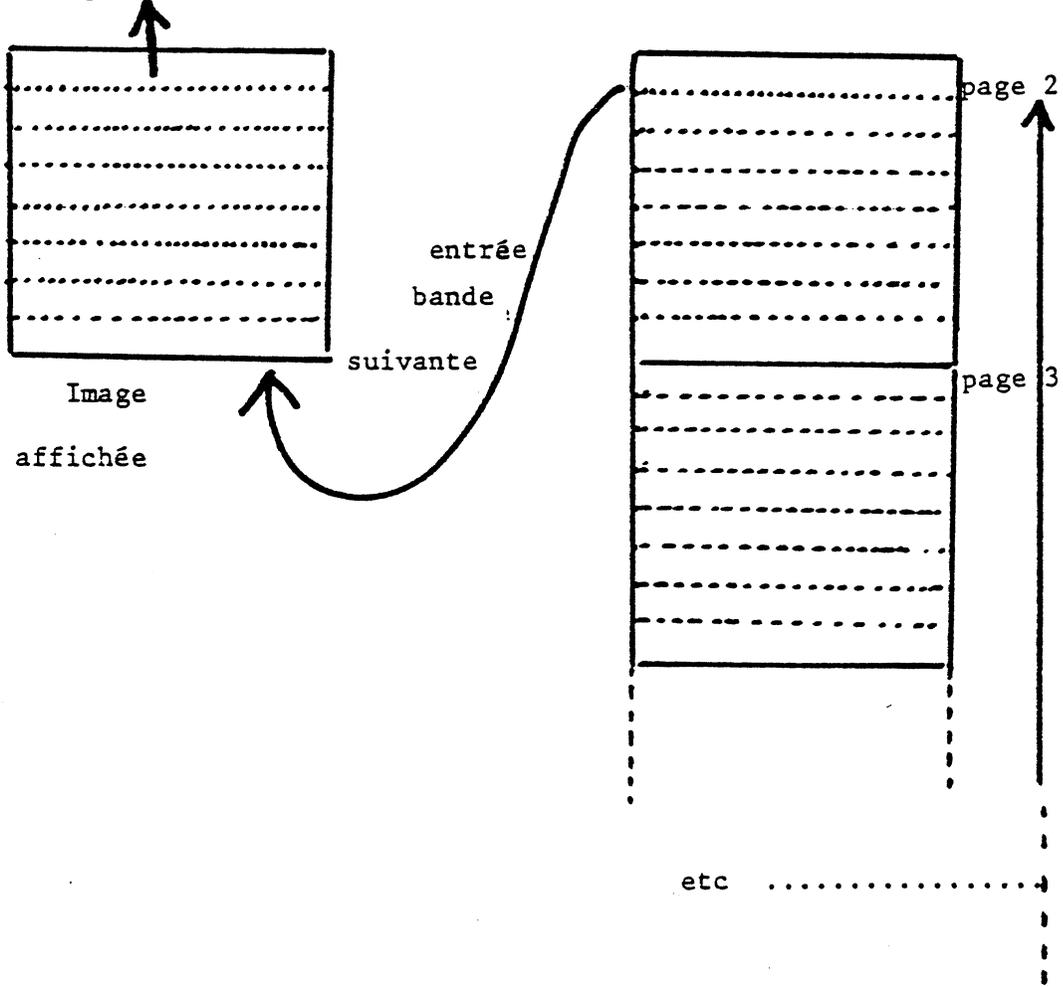
Avant chaque affichage, on effectue un décalage de l'image vers le haut et on introduit dans la partie inférieure de l'image la bande adéquate de la page suivante. Ces décalages successifs, qui correspondent à des translations des croquis représentés par les différentes bandes, exigeront un temps trop important pour pouvoir être fait entre chaque affichage. Cela demandera donc de calculer les N positions successives de chaque bande avant l'animation du panoramique, ce qui occupera une place relativement importante. La suite de croquis, ainsi créée, sera rangée dans le fichier "classeur de scènes" (cf. Animation par bloc).

Cette suite, d'un intérêt uniquement technique, liée au matériel utilisé, ne doit pas figurer dans le carnet de croquis. Seule y figure la suite de pages originale.

L'animation se fera croquis par croquis, ce qui exige un transfert, mémoire centrale- processeur graphique, très rapide.

De toute façon, ce procédé d'animation n'est pas essentiel dans un premier temps.

Décalage vers le haut d'une bande



Cas d'un défilé vertical haut

Fig. 57

B - Volets tournoyants

Nous en avons parlé à propos du carnet de croquis. Par découpage et superpositions, nous avons obtenu une suite de pages qu'il suffit d'afficher successivement à la cadence désirée.

--CHAPITRE III --.

-ANIMATION PAR BLOCS-

Ces acteurs élémentaires, que nous avons animés séparément, vont pouvoir maintenant être animés simultanément et mêmes reliés entre eux.

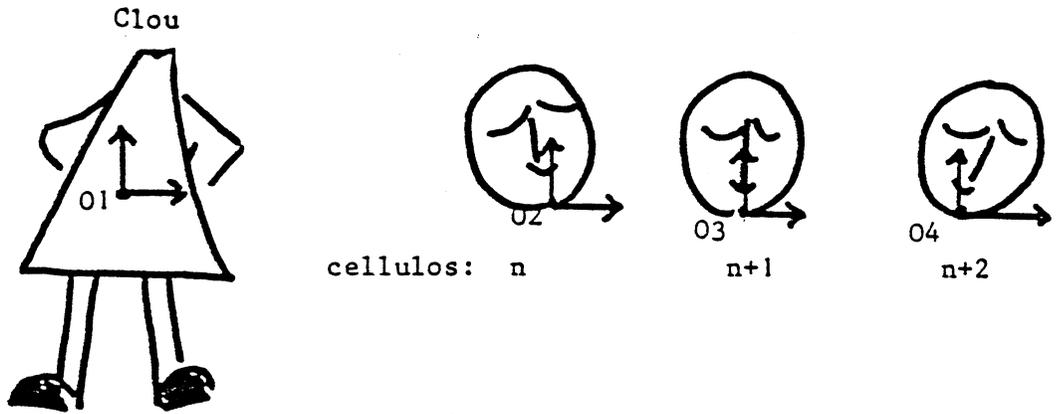
A - La notion de liaison

Liaison scénique

Des acteurs élémentaires seront liés de la sorte lorsqu'ils seront mis en scène simultanément. Mais ils se meuvent indépendamment les uns des autres. Image par image, leurs celluloses respectifs sont rassemblés.

Liaison de joint

Il s'agit ici de joindre plusieurs acteurs élémentaires ensemble. Cette liaison n'est pas symétrique. Une telle liaison, appliquée à deux acteurs élémentaires, sous-entend que l'un des acteurs est maître et par conséquent l'autre esclave, en ce sens que le mouvement du premier influence celui du second. Nous verrons comment, après avoir précisé la nature de ce joint.



Cellulo n,n+1,n+2

Acteur-élémentaire n°1

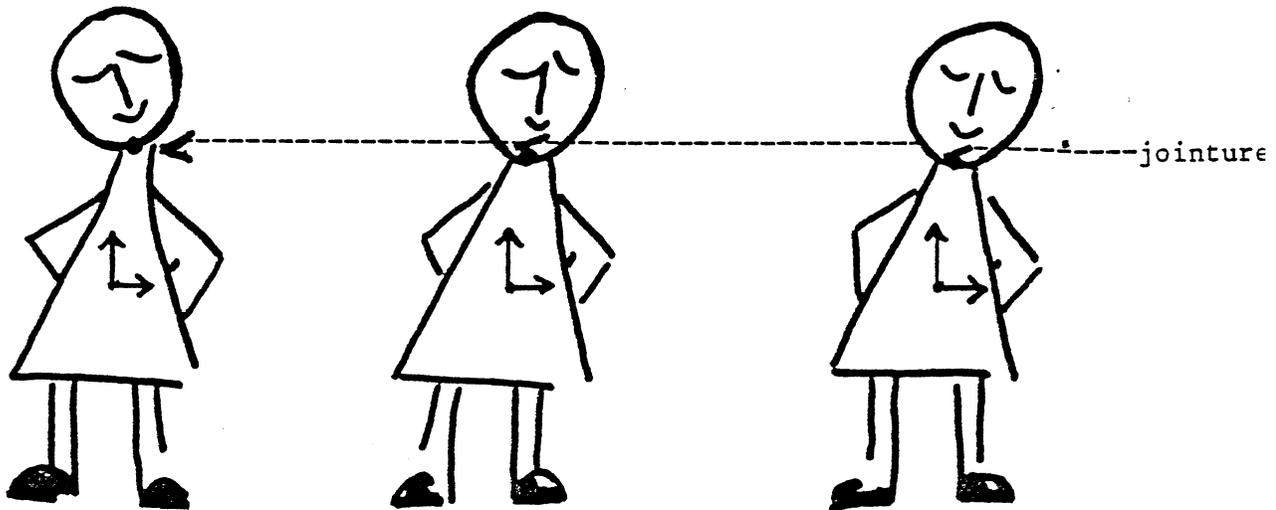
MAÎTRE

Acteur-élémentaire n°2

ESCLAVE

liaison entre l'acteur 1 et l'acteur 2

Fig.58



Acteur résultant

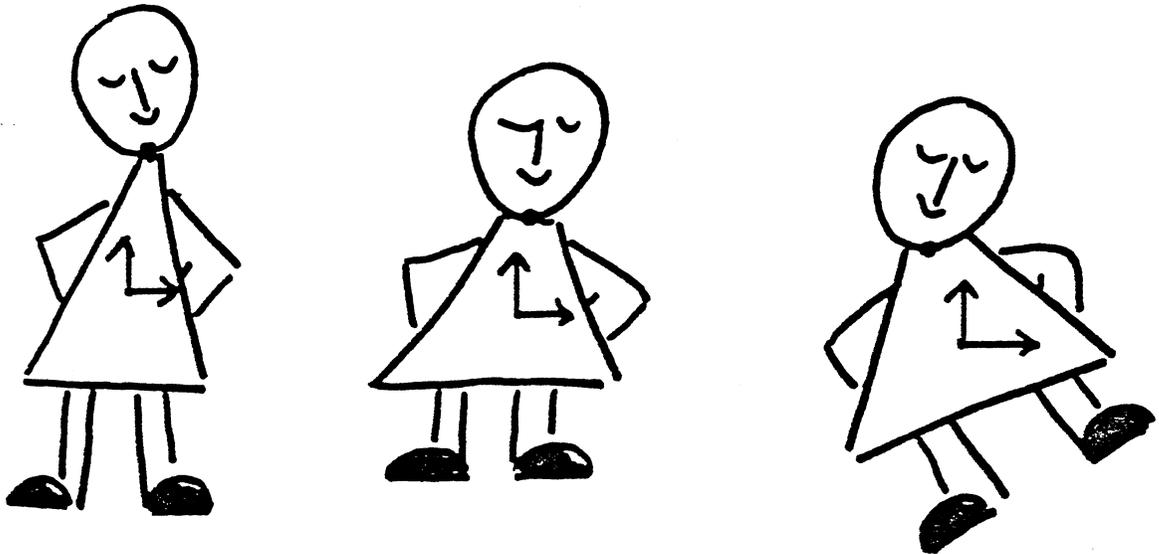
Entre deux acteurs élémentaires, cette liaison concerne seulement un et un seul point de chacun d'eux. Ces deux points après liaison, ne forment plus qu'un seul. Chaque acteur élémentaire est représenté par une suite de celluloses. La liaison ponctuelle aura donc lieu entre deux celluloses de même rang de chacune des suites. Le point de jonction du cellulo maître sera nommé "CLOU". Celui du cellulo esclave a été choisi comme étant l'origine du repère associé à ce dernier. En effet, il semble logique de repérer un cellulo esclave par rapport à son point d'articulation, de jointure presumée. Nous avons parlé de clou d'un cellulo maître. A la suite de celluloses de l'acteur maître correspondra une suite de clous que par extension nous appellerons encore clou de l'acteur maître.

==> Cette liaison est rigide au niveau des celluloses, car chacun des celluloses garde son orientation avant liaison.

Seul, l'acteur maître a subi des déformations ou rotations.

Les celluloses de l'acteur esclave sont identiques à ceux de la figure précédente.

==> Par contre, au niveau des acteurs, elle est souple car les déformations, rotations de l'acteur maître ne réagiront qu'au point de vue déplacement sur l'acteur esclave, sans modifier ni sa forme, ni son orientation.



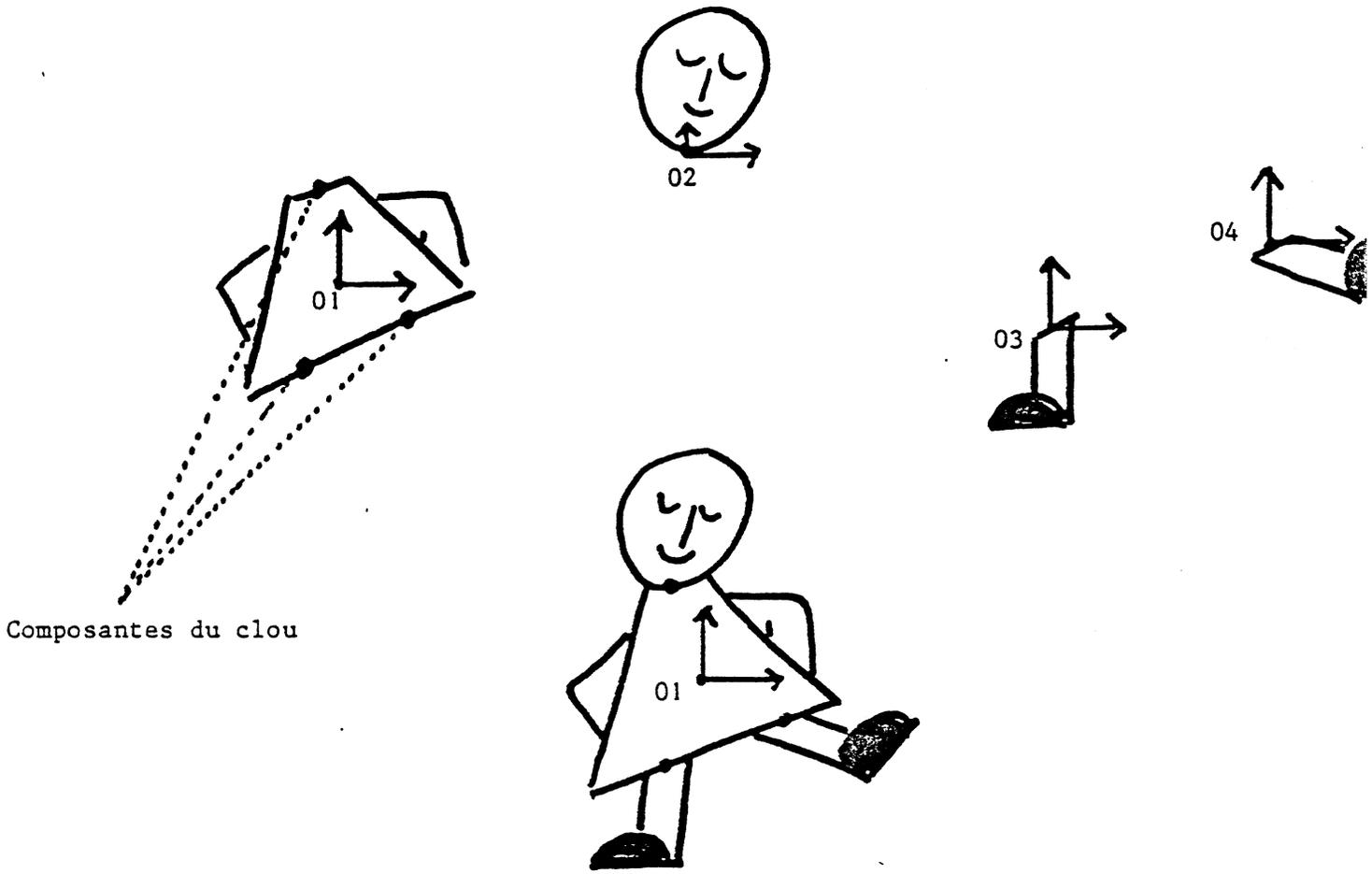
Seul l'acteur-maître a subi des déformations ou rotations.

Les celluloses de l'acteur-esclave sont identiques à ceux de la figure précédente.

Influence des déformations, rotations,.....

Fig.59

Il est possible de lier, de la sorte, un acteur élémentaire, à plusieurs acteurs élémentaires et esclaves. Un acteur élémentaire et maître peut donc avoir plusieurs clous. Si deux clous prennent la même valeur, cela signifie, qu'en ce point viendront "s'accrocher" deux acteurs simples et esclaves différents. Toujours par extension, au lieu de parler des "N" clous d'un acteur élémentaire, nous parlerons du vecteur CLOU ou plus simplement du CLOU a N composantes de l'acteur en question. Il ne faut pas oublier, qu'une composante est une suite de valeurs, correspondant à la suite de celluloses de l'acteurconcerné.



Le cellulo de l'acteur n°1 a un clou a 3 composante

Fig.60

A leur tour, tout acteur esclave peut jouer le rôle d'acteur maître pour un autre acteur. En itérant l'opération, on obtient une structure arborescente plus ou moins profonde. Nous désignerons par BLOC la forme syntaxique et son correspondant en memoire centrale décrivant une telle liaison arborescente.

Un bloc permettra donc de décrire et d'identifier parfaitement ce que nous appellerons un ACTEUR. Un acteur est donc un ensemble d'acteurs élémentaires reliés entre eux, selon une structure arborescente.

==> En résumé :

A tout acteur élémentaire correspond une suite de pages cyclées ou non.

A tout acteur correspond un bloc.

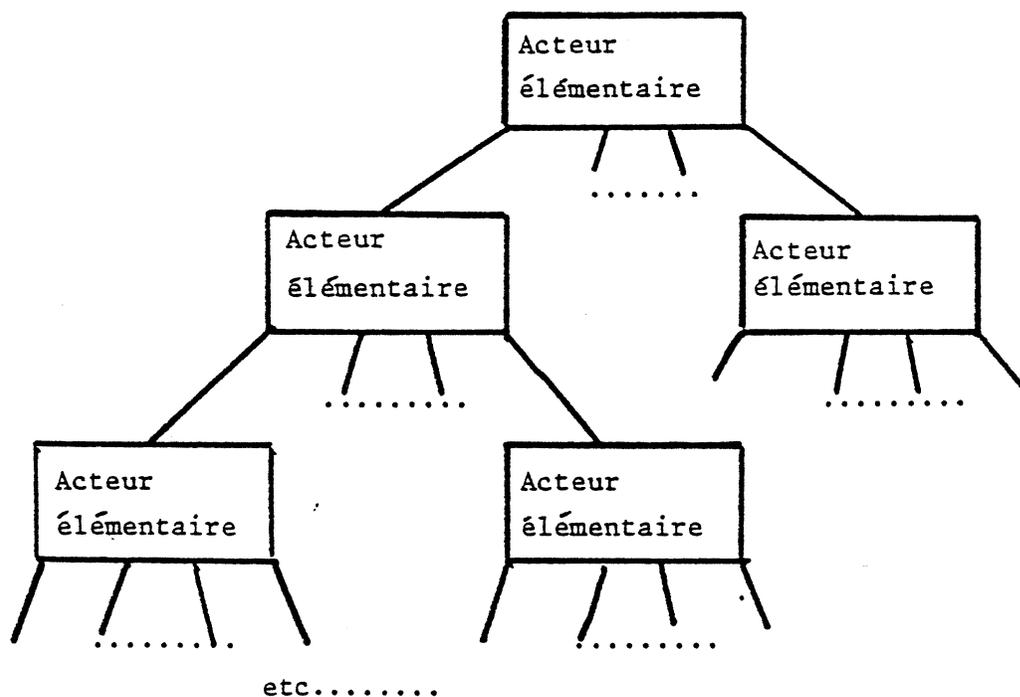


Fig. 61

Structure arborescente d'un acteur

B - Caractérisation du clou

Précisons que la notion de clou bien qu'effectivement attachée à l'acteur maître n'a un sens et n'existe qu'en fonction de l'acteur esclave. Un clou ne doit pas changer la structure, la nature de l'acteur auquel il s'applique. Il est donc possible d'appliquer successivement à un même acteur plusieurs clous différents.

1Ere loi

Le clou évoluera donc au rythme de l'acteur esclave.

2Eme loi

A un instant donné, chaque composante d'un clou est toujours un point appartenant au celluloso de l'acteur maître concerné.

Ceci peut sembler une lourde contrainte. Nous allons montrer par deux exemples comment nous la levons.

1er exemple

Supposons que la suite de celluloso de l'acteur maître soit réduite à un rectangle:

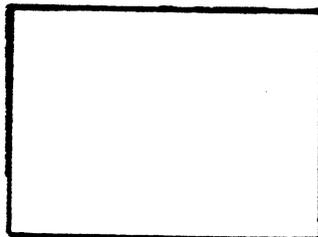


Fig.62

Et que l'acteur esclave corresponde à une suite de quatre celluloso: quatre roues qui ont alors pour origine le centre et sont donc les unes sur les autres, sur l'une des pages du carnet de croquis. Voici ce qu'elles donnent séparément:

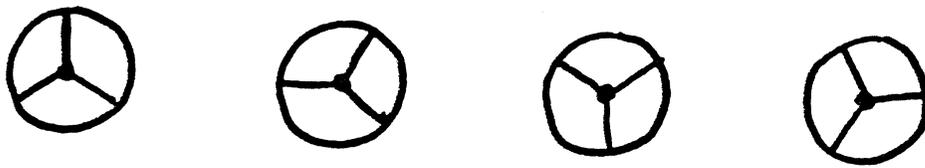


Fig.63

Supposons que l'artiste désire munir le rectangle de deux roues identiques. Il ne veut pas fixer le centre de ces roues sur le contour du rectangle, mais sur les points A et B de la figure ci-dessous:

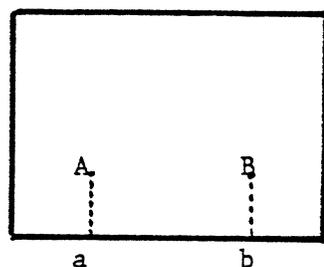


Fig.64

A et B sont deux points qui n'appartiennent pas au cellule rectangle. Ils ne pourront donc pas être les composantes du clou de l'acteur rectangle. Pour obtenir l'effet voulu, il suffit de prendre, pour composantes des clous, les projections a et b sur l'un des côtés du rectangle et d'appliquer à tous les croquis du model-sheet - ROUE la translation de vecteur aA. Cet opérateur translation opère de façon analogue à l'opérateur trajectoire, en ce sens que l'origine de chaque croquis du model-sheet est, après opération, l'origine absolue (0, 0).

2eme exemple

Soit le model-sheet d'une mouette occupant une seule page contenant cinq croquis.

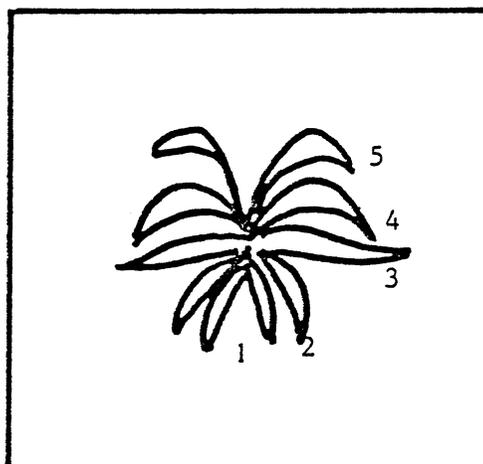


Fig.65

L'artiste animateur aimerait faire sautiller sur cette mouette une puce. La trajectoire de cette dernière ne doit pas être une partie du tracé de la mouette, bien que située sur les ailes. Traçons la trajectoire relativement au croquis no. 3 Agrandi:



Fig.66

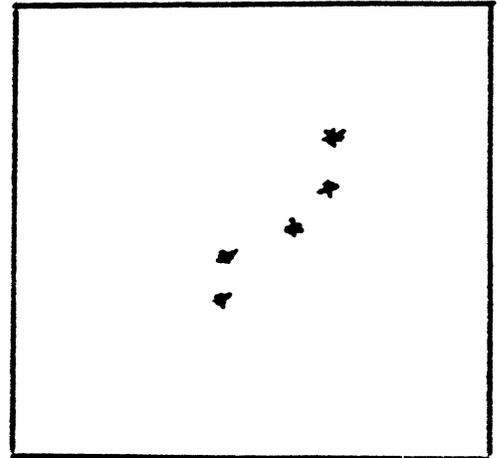
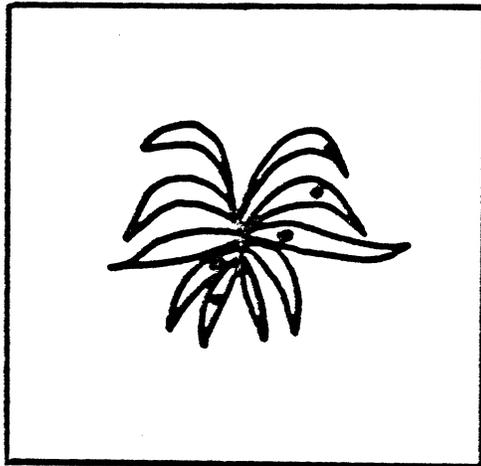
La puce se déplacera sur cette trajectoire qui aura subi des transformations relatives aux cinq positions de la mouette.

Le système pourrait fonctionner de la façon suivante:

L'artiste trace la trajectoire sur le croquis de mouette original. Il est supposé que le model-sheet de la mouette est obtenu par transformation. Il applique ensuite à cette trajectoire la transformation précédente. On a donc cinq trajectoires ayant le même nombre de points. Le clou pourrait alors évoluer sur cette trajectoire à cinq attitudes au rythme de la puce. Tout ceci pourrait être fait par calcul, mais exigerait de la part de l'artiste une tournure d'esprit assez abstraite qu'il n'a pas nécessairement. Cela ajouterait une procédure de plus, sans gain de vitesse ni aide appréciable.

Le mieux, dans ce cas, est d'utiliser l'opérateur trajectoire et de l'appliquer à la puce. L'artiste trace point par point la trajectoire au moyen de l'opérateur calque*. Ce qui peut donner:

-----* L'opérateur calque doit fonctionner aussi si la page de référence est pleine. Le résultat du tracé sur calque n'est alors pas immédiatement visible.



Points de la trajectoire Trajectoire appliquée à la puce

Fig. 67

==> Nous aurons alors deux façons de préciser la composante d'un clou suivant sa façon d'évoluer dans le temps.

Composante de rang fixe

Considérons une suite de celluloses semblables. Sur chacun de ces celluloses la composante du clou est un point de rang identique. Cela correspond à un clou planté à un endroit fixe dans un objet en pâte à modeler déformable.

Composante de rang évolutif

La composante se déplace sur l'acteur maître au rythme de l'acteur esclave. Sur une suite de celluloses donnée, le rang de la composante clou évolue à partir d'un rang donné selon un "pas" précisé.

A ces deux types de clous, correspondront deux facons différentes pour l'utilisateur de les préciser.

Dans le premier cas, il s'agira de définir le rang d'un point désigné par l'utilisateur.

Dans le second cas, il faudra fournir le rang de départ (a l'aide d'un point désigné) et le "pas" qui indiquera la facon de progresser de ce rang.

Dans les deux cas, ces données s'appliqueront à une suite de celluloses semblables.

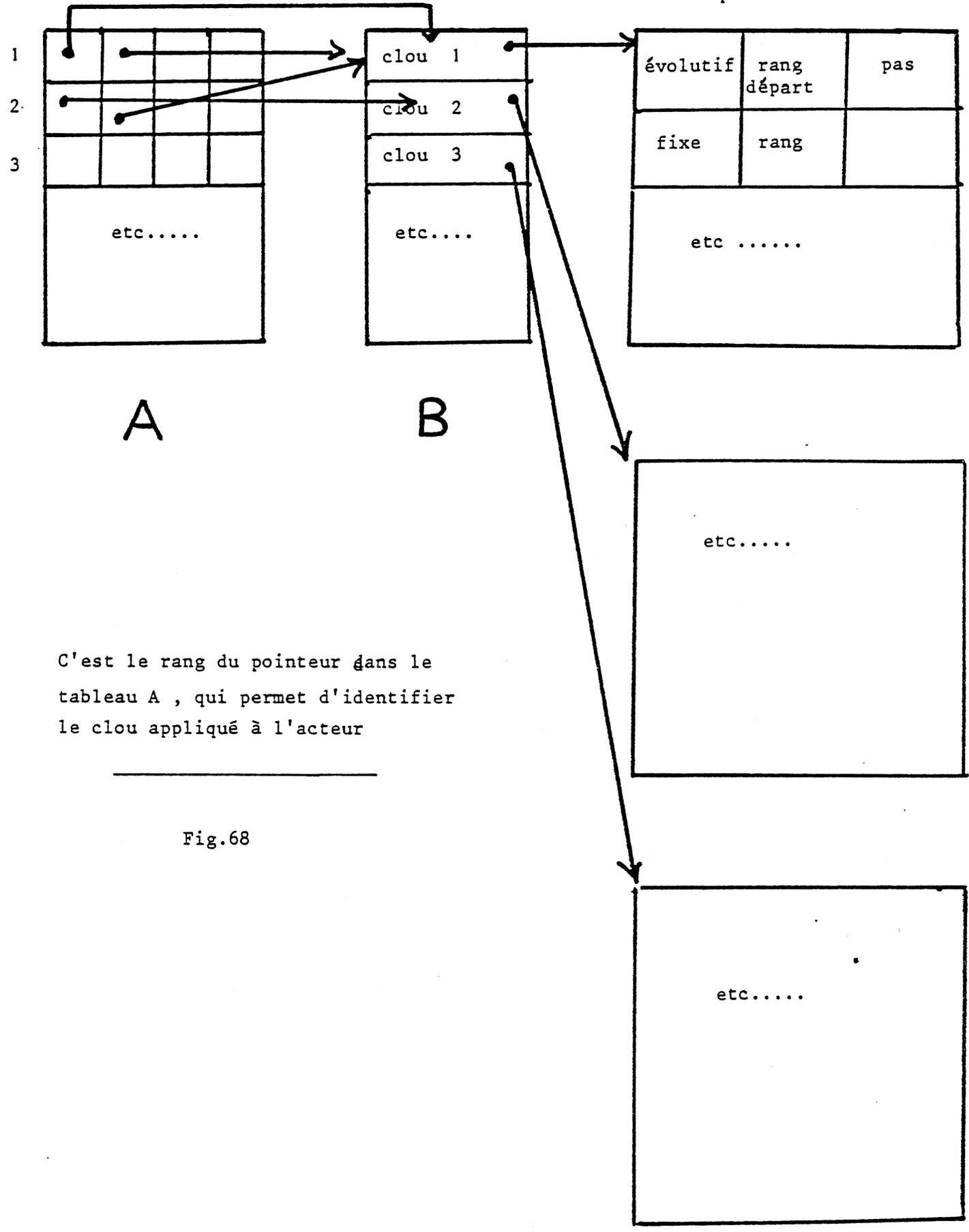
==> Cela revient à faire correspondre éventuellement à toute page du carnet une suite de clous associés aux croquis de la page.

Il doit être possible de pouvoir associer plusieurs suites de clous à chaque page. Cela exige de pouvoir fournir un nom à chaque clou et d'en constituer un catalogue, ce qui sous-entend la structure suivante:

Croquis de la page n

Clous

Composantes



C'est le rang du pointeur dans le tableau A , qui permet d'identifier le clou appliqué à l'acteur

Fig.68

C - La structure de bloc

Définition

Tout bloc est composé d'une suite finie de niveaux. Chaque niveau est une suite finie de couples (ACTEUR, {CLOU}). La composante clou étant facultative.

$$\text{BLOC} = (\text{NIV}_n) \quad n = 0 \dots N$$

$$\text{NIV}_n = \begin{pmatrix} \text{ACTEUR} \\ \{\text{CLOU}\}_j \end{pmatrix}_n \quad j = 0 \dots A_n$$

Seuls le niveau zéro et le niveau N présentent chacun une particularité qui les distingue des autres niveaux.

Le niveau zéro correspondant au sommet de l'arborescence ne contient qu'un et un seul couple (ACTEUR, CLOU).

Le niveau N, le niveau le plus bas, est seulement une suite finie d'acteurs non munis de clous. Nous dirons que le couple

$$\begin{pmatrix} \text{ACTEUR} \\ \text{CLOU} \end{pmatrix}_j$$

Du niveau "n" est de rang "j". Il peut être aussi noté:

$$\begin{pmatrix} \text{ACTEUR } j \\ \text{CLOU } j \end{pmatrix}_n$$

Soit M_j le nombre de composantes du clou "j". Considérons la composante "k" du clou "j". Nous dirons que le rang local, r_l , c'est-à-dire relatif au clou j, de cette composante est "k". Tandis que nous parlerons de rang global, r_g , quand il s'agira du rang de cette composante par rapport au niveau tout entier, on obtient ce dernier comme suit:

$$rg = \sum_{i=0}^{j-1} M_i + r_l$$

Quant au nombre N de niveaux, et au nombre d'acteurs élémentaires par niveau, ils seront seulement limités par la capacité de l'image.

Ces différents éléments, constituant le bloc, doivent obéir aux lois suivantes:

1ere loi

Les acteurs d'un même niveau ne sont jamais reliés entre eux par une liaison de joint.

2eme loi

L'acteur de rang "j" du niveau "n" est accroché à la composante clou de rang global "j" du niveau "n-1".

3eme loi

Plusieurs composantes clous d'un même niveau peuvent prendre la même valeur. Cela permet d'accrocher en un seul point plusieurs acteurs d'un niveau.

4eme loi

La durée de vie d'un acteur "j" du niveau "n" commande celle des acteurs qui lui sont liés, pour tous les niveaux "k" telle que:

$$N+1 \leq k \leq N$$

La "mort" de l'acteur "j" entraîne la mort de toutes les

branches de l'arborescence qui s'y rattachent (cf. Fig.69).

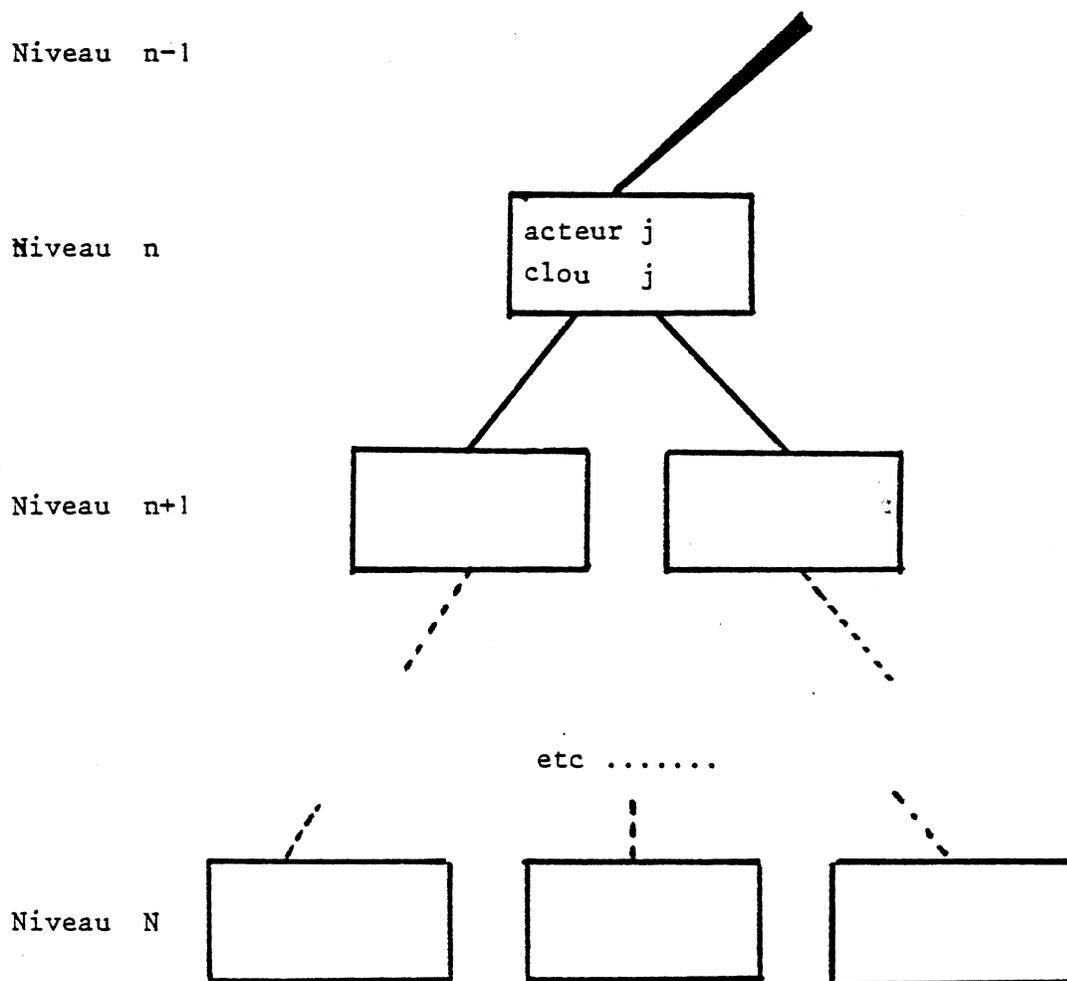


Fig.69

Point de vue de l'utilisateur

C'est l'artiste lui-même qui construira les blocs qu'il désire à l'aide d'un langage comportant très peu de mots-clés:

BLOC
NIVEAU
ACTEUR
CLOU

BLOC, ACTEUR et CLOU seront identifiés par des noms alphanumériques. Alors que les NIVEAUX seront identifiés chacun par un nombre entier précisant leur rang.

Nous avons précisé que la structure de bloc permettait de définir des acteurs. Le nom d'un bloc sera donc le nom de l'acteur correspondant. Deux catalogues, auxquels aura accès, l'un concernant les acteurs élémentaires ou non, l'autre concernant les clous, sont donc gérés par le système.

Ce qui devra être tapé, par l'artiste, à l'aide d'un éditeur de textes, aura l'aspect suivant:

BLOC : nom
NIVEAU 0
ACTEUR : nom
CLOU : nom
NIVEAU 1
ACTEUR : nom
CLOU : nom
ACTEUR : nom
CLOU : nom
etc...
NIVEAU 2
etc...

NIVEAU N
ACTEUR : nom
ACTEUR : nom
etc...
FIN

Analyse du bloc par le système

Traduction

- - - - -

Il s'agira de reconnaître les mots-clés, les noms symboliques, et de les stocker de façon adéquate en mémoire, c'est-à-dire permettant d'atteindre les listes nécessaires.

Mise en scène

- - - - -

Ceci consiste à effectuer dans un premier temps la liaison scénique des acteurs constituant le bloc. Le système superpose alors image par image les celluloses des acteurs en présence, et avertit l'utilisateur si cette mise en scène est impossible, c'est-à-dire si pour une image donnée le nombre de celluloses est trop grand. L'image concernée est visualisée sur l'écran. L'artiste peut alors passer au carnet de croquis et remanier les acteurs élémentaires en question si cela est possible. Sinon, il change la composition de son bloc. Cette mise en scène, déclanchée automatiquement lors de l'analyse d'un bloc, peut aussi être commandée par l'artiste, et appliquée aux acteurs désignés par ce dernier avant toute constitution de bloc.

Comment aura lieu cette superposition image par image? Ici un nouveau fichier entre en jeu, un fichier ou va être rangée la suite d'images ébauchées au cours de la mise en scène. C'est le fichier "classeur de scènes" qui contiendra des séquences d'images prêtes à l'animation. A chaque image sera associée une "durée de vie", ce qui reviendra à faire correspondre à toutes séquences d'images une suite rythmique. Quant à la superposition elle-même, elle s'effectuera comme suit:

Soient "p" acteurs à superposer

1 - Chargement en mémoire centrale des "p" celluloses de rang zéro accompagnés de leurs rythmes respectifs r_j ($j=1\dots p$).

2 - Chargement sur l'image de superpositions des celluloses en mémoire.

3 - Calcul du plus petit rythme: r_{min} que l'on affecte à l'image de superpositions.

- 4 - On affecte les "p" celluloses des rythmes: (rj - rmin).
- 5 - Chargement des celluloses de rang suivant correspondant aux celluloses maintenant affectés de rythme nul.
- 6 - On boucle sur l'opération 2 jusqu'à épuisement des noms des celluloses.

Cette superposition est limitée par la taille de l'image. Le système coupe donc la partie trop grande des derniers celluloses rentrés. Cela peut affecter de façon aléatoire l'un ou l'autre des acteurs. Les images où il y a débordement peuvent être visualisées.

Mise en place des clous

Le système effectue les "joints" entre croquis d'une même image, en suivant la définition des clous concernés.

Chaque croquis peut être manipulé comme un sous-programme qui peut être appelé et en appeler un autre. Le système insère donc, dans chaque croquis, à l'endroit voulu, les appels de croquis nécessaires.

L'animation du bloc est alors prête. Il ne reste plus qu'à lancer l'animation du bloc, c'est-à-dire à faire défiler les images.

D - Constitution de bloc de blocs

Jusqu'à présent, quand nous parlions des acteurs constituant un bloc, il s'agissait d'acteurs élémentaires.

On peut généraliser: les acteurs constituant un bloc pourront être des acteurs décrits eux-mêmes par un autre bloc. Cette insertion dans la description d'un nouveau bloc d'un acteur correspondant déjà à un bloc, ne pourra pas se faire n'importe comment. Nous nous limitons à la règle suivante:

1ere loi

Dans un bloc, un acteur non-élémentaire ne pourra être accordé qu'à une extrémité de branche c'est -à -dire que l'utilisateur ne pourra munir de clous, l'acteur non élémentaire.

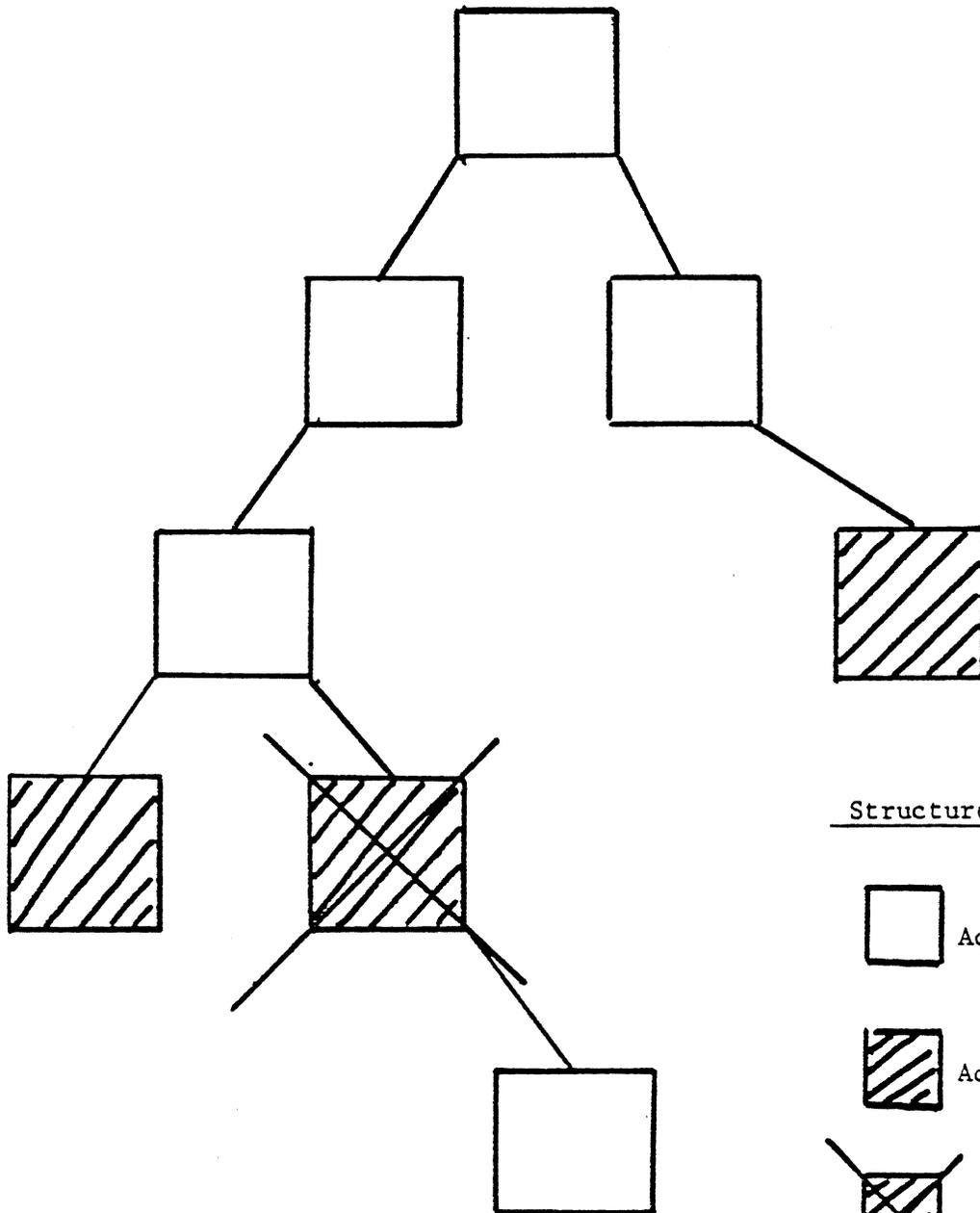


Fig.70

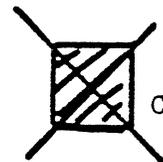
Structure de bloc



Acteur-élémentaire



Acteur décrit par un b



Configuration interdit

E - Animation simultanée de plusieurs blocs indépendants

Cela revient à mettre en scène plusieurs acteurs. Bien qu'il ne s'agisse plus d'acteurs élémentaires, l'opérateur "mise en scène", cité plus haut peut être encore utilisé ici de la même manière, puisque cela consiste simplement à superposer plusieurs suites d'images.

F - Animation séquentielle de blocs

Un opérateur permet à l'utilisateur de lancer l'animation de plusieurs blocs les uns à la suite des autres.

Conclusion

L'animation par blocs permet donc de définir des acteurs dont les références seront enregistrées sur la "charte d'animation" et les images correspondantes dans "le classeur de scènes".

L'animation simultanée ou séquentielle de plusieurs acteurs forme une scène. Une scène peut être réduite à un seul acteur. Nous désignons donc par le terme unique "scène" ce qui habituellement est désigné par les termes scènes et séquences.



--CHAPITRE IV --

- IMPLANTATION EN MEMOIRE

Dans cette partie concernant l'animation, nous avons introduit deux nouveaux fichiers:

- . la charte d'animation
- . le classeur de scenes

A - La charte d'animation

Celle-ci contient toutes les données dynamiques permettant de construire à l'aide du carnet de croquis, les acteurs élémentaires ou non conçus par l'artiste.

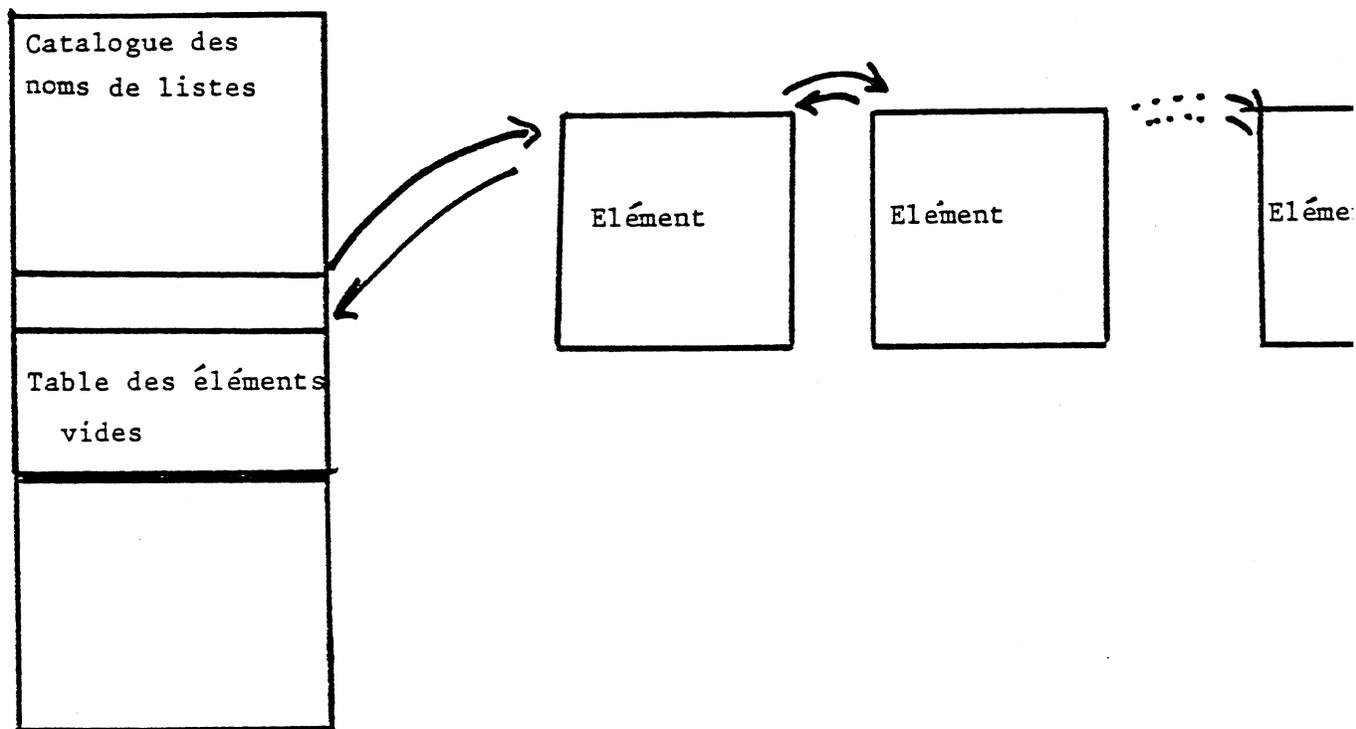
La charte d'animation comprend quatre types de données:

- Les suites rythmiques associées à chaque page du carnet de croquis, à raison d'une au plus par page.
- Les acteurs élémentaires représentés par une suite de pages cyclées ou non, affectés d'un nom alphanumérique.
- Les acteurs représentés par des blocs affectés d'un nom alphanumérique.
- Les clous dont nous avons déjà décrit l'implantation en mémoire.

Toutes ces données pourront être stockées en mémoire, par des techniques plus ou moins élaborées de gestion de listes à double chaînage. Cela consiste à avoir un catalogue de liste, une table des vides. L'accès à un élément d'une liste sera d'autant plus rapide que le catalogue sera élaboré.

suivant le nombre de caractéristiques, nombre d'éléments etc... que l'on fait correspondre à chaque nom de liste. L'accès à une liste se fait par son nom. Celui à un élément se fait par son rang. Tout élément est un bloc de données ou un nom de liste.

Les catalogues, d'acteurs élémentaires ou non et de clous, doivent être accessibles à l'utilisateur puisque c'est lui qui dans ces trois cas a fourni le nom.



- 1- Liste à un nom et n éléments ($0 \leq n \leq N$)
- 2- Accès à une liste par son nom
Accès à un élément par son rang
- 3- Élément = bloc de données / Nom de liste

B - Le classeur de scènes

Toute scène est identifiée par un nom alphanumérique. Au classeur de scène est donc associé un catalogue.

Le classeur de scènes est composé de listes d'images chainées

Outre les opérateurs agissant sur les blocs dont nous avons déjà parlé, existent deux opérateurs agissant de la même façon, permettant de créer une suite de scènes ou une superposition de scènes.

Ce classeur de scènes est divisé en deux parties:

- Les scènes correspondant à un seul bloc: scènes unitaires
- Les scènes correspondant à plusieurs blocs simultanés ou séquentiels ou la combinaison des deux: scènes multiples.

Scène unitaire

Le nom d'une scène unitaire est le nom du bloc correspondant.

A chaque image d'une scène unitaire, est associée la liste des celluloses élémentaires ne comportant pas de clous, en précisant le rang du cellulose dans le niveau, et le rang du niveau. Cette liste est constituée par le système, lors de l'analyse du bloc (traduction). Elle permet l'introduction d'un acteur non élémentaire à l'intérieur d'un bloc.

Scène multiple

Les celluloses élémentaires ou croquis figurant sur chacune des images sont référencés seulement par leur rang dans l'image.

N.B. Les images des classeurs de scènes ont une certaine

analogie avec les pages du carnet de croquis, mais il n'est pas possible à l'utilisateur de travailler dessus.

S E C T I O N I I I

R E A L I T E D U S Y S T E M E

0000

La description assez longue du système ANIMA, bien que tous les détails informatiques de gestion de mémoire n'ont pas été développés, montre que la partie programmation n'est pas négligeable d'autant plus que le système est conversationnel, ce qui suppose de nombreuses protections et la possibilité à tout moment de revenir à un état antérieur en annulant l'opération en cours.

D'autre part le programme peut être interrompu à tout instant par une action de l'utilisateur au niveau de la console de visualisation. Ceci exige des sous-programmes, correspondant à telle ou telle interruption, d'être utilisables quelque soit l'endroit à partir duquel ils ont été lancés.

Le programme doit être perfectible. Ceci demande de prévoir tout de suite l'évolution ultérieure. La programmation avance alors plus lentement mais plus sûrement.

Place en memoire périphérique

Ce programme est donc bâti à partir de trois fichiers:

- . le carnet de croquis
- . la charte d'animation
- . le classeur de scènes

Parmi lesquels, le premier et le troisieme exigent une place importante.

Pour donner un ordre de grandeur, supposons:

- Que le carnet de croquis ait 100 pages de 1500 vecteurs
- Que 10 mots suffisent à caractériser chaque page (taille, nombre de croquis, etc...). Cela correspondra à un tableau P de 1000 mots (cf. Gestion des pages).

- Que 10 mots suffisent aussi à caractériser chaque croquis
- Que l'on autorise 100 croquis par page

Le "carnet de croquis occupera alors 802 K octets. Cela semble correct de réserver 200 K octets à la "charte d'animation"

Si l'on utilise un disque magnétique à tête mobile dont la capacité est de 5.10^6 Octets, il reste environ 4000 K octets pour le "classeur de scènes", ce qui, en supposant qu'une image exige au pire autant de place qu'une page du carnet, correspondrait à 500 images. Or, une minute d'animation a 12 images par seconde exige au pire 720 images. On pourrait donc stocker environ une minute d'animation

Il est possible d'avoir plusieurs disques magnétiques à têtes mobiles (au moins 2), ce qui permettrait d'avoir une animation un peu plus conséquente. (Cf. Partie II - Le matériel)

place en mémoire centrale

La description du système laisse supposer un programme assez élaboré, avec de nombreux sous-programmes, ce qui occupe une part importante de la mémoire centrale.

La gestion des "menus", et de toutes les interruptions provenant des outils reliés à la console de visualisation (clavier, tablette) prend très vite beaucoup de place de même que les nombreux commentaires en langage clair qui sont nécessaires à la bonne compréhension du système par l'utilisateur.

Pour donner un ordre d'idée, la partie de système ANIMA déjà implantée saturait la mémoire (19 k mots). Cette partie concernait le carnet de croquis et l'animation élémentaire. Tous les opérateurs prévus n'ont pas encore été mis en place.

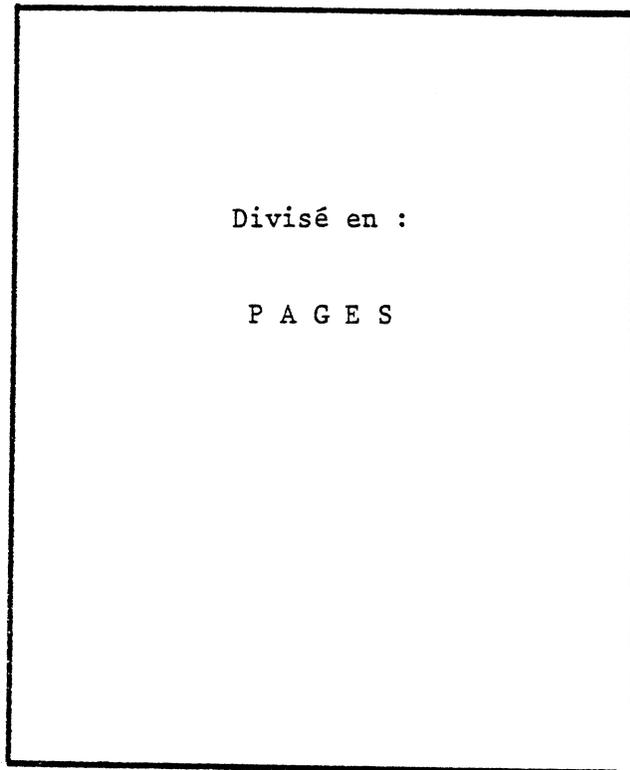
Il suffit de mettre le programme en OVERLAY. Ceci est possible et n'exige qu'un excédent de mémoire annexe de taille relativement faible, de l'ordre de celle de la mémoire centrale: 20k mots.

L'état actuel du système ANIMA est déjà assez avancé, pour

donner la certitude que la mise en oeuvre du système tel qu'il est prévu, est possible. Mais, il ne faut pas se cacher que la programmation complète demandera un certain temps.

FICHIER I

CARNET DE CROQUIS



Catalogue
des
croquis

Suites

page du

Description



ANIMATION ELEM

OPERATEURS

- . Tracé
- . Transformations
- . Model-Sheet

FICHER II

CHARTRE D'ANIMATION

R Y T H M I Q U E S associées a chaque
carnet de croquis

Suites de C L O U S associés a chaqu
carnet de croquis et

des ACTEURS ELEMENTAIRES

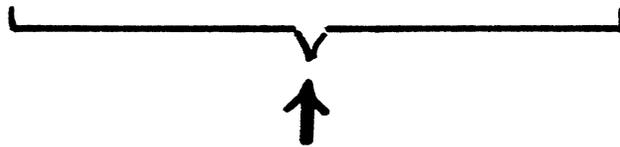
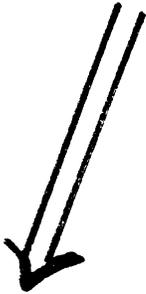
et

Catalogue

Description des acteurs sous forme d

B L O C S

et



OPERATEURS

d'edition

NTAIRE

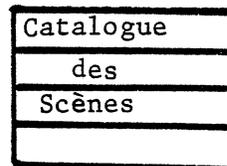
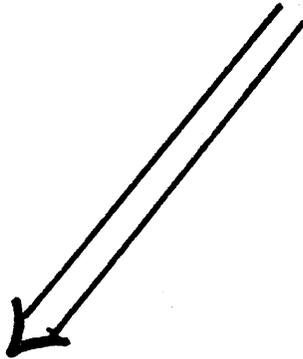
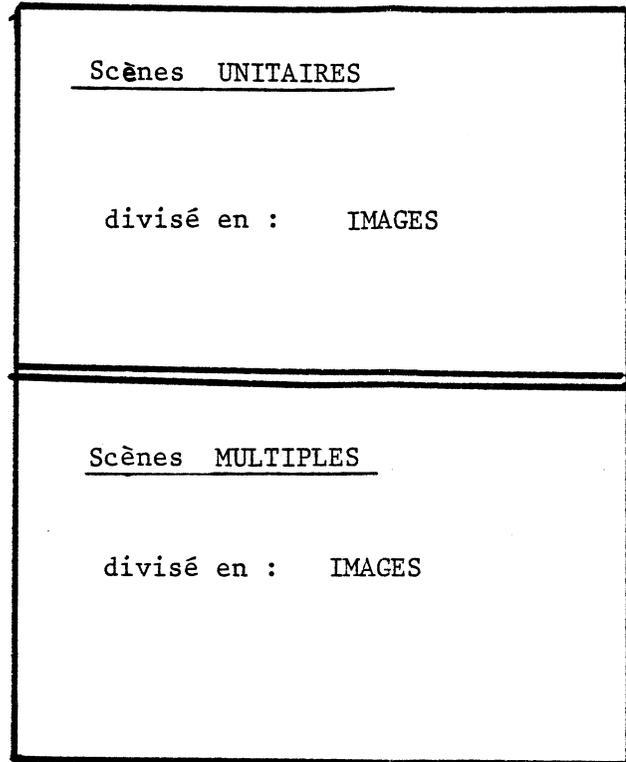
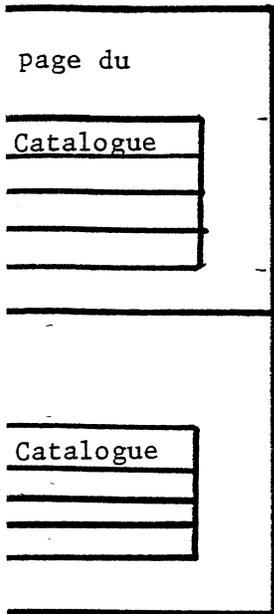
A

ANIMAMA

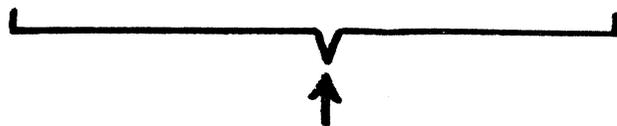
Fig.72

FICHER III

CLASSEUR DE SCENES



FORMATION PAR BLOCS



OPERATEURS

- . Mise en scène
- . Mise en séquence

P A R T I E I V

DEVELOPPEMENTS FUTURS POSSIBLES DU SYSTEME

0000

A - Point de vue: materiel

- Matériel plus rapide

- Amélioration de la liaison entre mémoire centrale et processeur graphique (Interface rapide)
- Supprimer l'arrêt de l'image pendant un tel transfert
- Animation en temps réel sur la console quelle que soit la complexité de l'image.

- Implanter des opérateurs ne travaillant qu'au niveau de la console de visualisation qui permettrait de transformer l'image seulement au moment de la visualisation et faciliter ainsi l'observation de l'utilisateur. Ceci amènera à distinguer l'espace image de l'espace écran (cf. Premier paragraphe du carnet de croquis).

- Appareils de sortie

Nous ne nous sommes pas préoccupés jusqu'à présent de la façon dont on pourrait sortir les films réalisés. Nous nous sommes limités à la console de visualisation que nous avons et sur laquelle l'animation pouvait être vue en temps réel dans les cas simples. On peut envisager deux types de sortie:

- Le C.O.M. (Computer Output Microfilm) qui permet d'imprimer directement une image en mémoire sur microfilm.

- Table traçante sur celluloides

Celle-ci n'existe pas encore. Mais il se peut qu'il en sorte une dans deux ou trois ans. Il faudrait ensuite filmer tout ces celluloides. Ceci pourrait d'ailleurs se faire par programme.

==>- Nécessite d'avoir une caméra connectée à l'ordinateur.

B - point de vue: logiciel

- Par rapport à tout ce qui est graphique en général

Revoir les notions d'espace utilisateur, image et écran.

Etudier la possibilité de découper des champs visuels de formes quelconques.

- Par rapport au système ANIMA

- Intégrer dans le système la possibilité d'avoir des parties cachées. C'est un des points que nous avons passé sous silence.

Ce problème a déjà été étudié et résolu. Une image est composée de différents plans parallèles auxquels on affecte une certaine hiérarchie. Ici, dans ANIMA, les plans correspondraient aux "cellulos". Il suffirait d'appliquer cet opérateur traitant les parties cachées lors de l'élaboration des images du classeur de scènes.

- Dans "ANIMA" l'utilisateur a, à sa disposition, de nombreux opérateurs prévus par le système. On peut envisager de permettre à l'utilisateur de créer lui-même de nouveaux opérateurs à partir de ceux existant, de les combiner de différentes façons. Le problème est de savoir si une telle possibilité n'est pas trop lourde pour le système.

- Permettre l'introduction d'identificateurs graphiques. En effet, ces derniers peuvent être beaucoup plus concis et expressifs qu'un identificateur alphanumérique. Ils sont de plus beaucoup plus rapides à fournir. Ces derniers étant des identificateurs devront être lisibles rapidement, donc stylisés et effectués selon certaines normes pour ne pas prendre trop de place sur l'écran. Ces identificateurs permettront de désigner des séquences, des scènes et des acteurs ou des opérateurs créés par l'artiste. La mise en oeuvre d'une telle possibilité ne pose aucun problème.

On voit donc que les améliorations sont surtout au niveau du matériel. Ceci s'accompagnera nécessairement d'une évolution correspondante du logiciel. Mais il serait

intéressant d'étudier dans quelle mesure il peut y avoir
independance entre logiciel et materiel.

C O N C L U S I O N

=====

00000

Nous avons donc tenté, au cours de cette étude de faire le point sur tout ce qui concerne l'animation à la main ou assistée par l'ordinateur. Nous ne disons plus PAR mais ASSISTEE par (cf. Introduction).

Quant au système ANIMA, le lecteur a certainement remarqué qu'il ne laisse pas à l'ordinateur le contrôle de l'animation, de l'évolution des dessins. Nous sommes parvenus à la disparition presque complète de l'ordinateur.

Nous avons un outil qui se présente sous la forme naturelle d'un carnet de croquis muni d'un crayon et qui, assorti de quelques commandes simples, permet de voir rapidement l'animation conçue et parfaitement contrôlée par l'utilisateur.

Le côté informatique, mathématique, géométrique du problème qui souvent, si l'artiste s'y pliait, permettrait de généraliser ou de simplifier certains aspects de la question, ne doit pas être imposé à l'utilisateur. A certains moments, l'artiste s'exprime le plus naturellement avec un crayon, a d'autres à l'aide de mots et même de chiffres. Les artistes en dessins animés manipulent le temps comme les musiciens et donc savent, se servir des chiffres avec précision.

Le système est fait pour des cinéastes en dessins animés qui en savent plus que nous, informaticiens, sur tout ce qui est mouvement et façon de l'exprimer. On ne s'improvise pas, de but en blanc, faiseur de dessins animés. Comme pour le cinéma, en prise de vue réelle, la radio, le dessin animé exige une certaine technicité. Les studios de dessins animés supposent généralement toute une équipe de spécialistes. Le système ANIMA s'adresse donc à des personnes aptes à dessiner et à animer. Nous ne nous limitons pas, cependant, aux artistes créateurs de fictions comme TOPOR, ROUXEL OU WALT DISNEY. Ce système s'adresse à toute personne capable de maîtriser la variable temps et susceptible d'expliquer aux autres un mouvement qu'il connaît parfaitement à l'aide de dessins dont le tracé ne lui pose aucun problème. Cela peut être, par exemple, un professeur qui désire expliquer à ses élèves un phénomène scientifique ou autre, un scientifique qui désire faire la synthèse du déroulement d'une expérience etc

Nous n'avons donc pas craint que notre système exige de la part de l'artiste de nombreuses interventions. ANIMA ne doit pas diriger, contrôler le mouvement à sa place, mais au contraire lui laisser le maximum d'initiative. L'ordinateur n'est là que pour effectuer les tâches fastidieuses, répétitives.

Nous avons donc essayé de parvenir à une grande simplicité d'utilisation:

- Se rapprocher le plus possible de la façon de procéder naturelle de l'artiste.
- Langage comportant peu de mots-clés et proche du langage courant.
- Pas de programme long à écrire pour l'artiste.
- Contrôle maximum par l'artiste de toute opération effectuée par le système et concernant l'essentiel du dessin animé:
 - expression du dessin
 - expression du mouvement
- Permettre à l'artiste d'animer ses dessins, par paliers successifs, en passant de l'animation élémentaire à l'animation par bloc, en s'appliquant à ce qu'il voit rapidement le résultat de chaque opération

Quant à l'intérêt réel du système, nous n'en serons certains que lorsque de nombreux artistes l'auront essayé et auront réalisé des films qui pourront se mesurer à la production courante.

D'autre part, il ne faut pas croire qu'une certaine technicité nuit à l'artiste. Par exemple, la technique des couleurs exige un grand savoir, beaucoup d'expérience et est très difficile à maîtriser. Les grands peintres ont pourtant réussi. De même, pour les musiciens, c'est une technique qui se rapproche un peu des mathématiques.

L'animation, elle aussi, demande une certaine technicité, un esprit de rigueur. Pourquoi un artiste ne maîtriserait-il pas la technique informatique dans ce qu'elle a d'essentiel bien sûr, pour en saisir de nouvelles possibilités du point de vue graphique ou autre?

Quant à la question: le dessin animé assisté par ordinateur pourra-t-il supplanter la méthode manuelle traditionnelle? Je pense que non, il nous faut garder une certaine humilité.

L'ordinateur sera certainement d'une grande aide pour l'exécution des parties très schématisées d'un film dont nous pouvons voir actuellement des exemples dans beaucoup de films publicitaires, pédagogiques et dans certains films de pure fiction.

L'important est surtout que beaucoup d'artiste se familiarisent avec l'ordinateur. Et peut-être alors, se dégagera-t il un nouveau style qui n'aura rien à voir avec ce que nous appelons aujourd'hui, le "dessin animé".

G L O S S A I R E
=====

000000000000

A

Acteur-----	179
Acteur élémentaire-----	162
----- esclave-----	173
----- maitre-----	173
Allocation dynamique-----	106
Américain (plan)-----	48
Animation-----	21-159
Animateur-----	58
Animation élémentaire-----	163
-----d'un model-sheet-----	163
-----d'une page-----	165
-----d'une suite de pages-----	165
----- par blocs-----	173

B

Bloc-----	179-186
-----------	---------

C

Cache-----	133
Calque-----	120
Cameraman-----	58
Carnet de croquis-----	81
Cell,cello,cellulo-----	56-160

Cellulo élémentaire-----	160
----- maitre-----	175
----- esclave-----	175
Changement d'échelle-----	126
----- d'origine-----	167
Champ visuel-----	122
Charte d'animation-----	52
-----	165-194
Cinéma-----	22
Classeur de scènes-----	190-196

Clipping : cf- Découpage d'un champ visuel-----	124

Clou-----	175 -180
Clou à N composantes-----	177
C.O.M.-----	204
Composante (clou)-----	177
Contre-cache-----	133
Contre-plongée-----	48
Créateur de dessins-----	57
Croquis-----	80-82
Cycles-----	166

D

Découpage-----	51
Découpage (champ visuel)-----	124
Dessin-----	80
----- - clé-----	56
----- - intermédiaire-----	56
Duplication-----	121
Duree de vie d'un acteur-----	187

E

Effets spéciaux-----	63-128

Espace-Utilisateur:U-----	84
-----Image :I-----	85
-----Ecran :E-----	85
Esquisse-----	141

F

Fenêtre-----	126
Film-----	49
Film pilote-----	52
Filtrage de points-----	111

G

Graphe-----	80
-------------	----

H

I

Identification graphique-----	205
Image-----	54
----- squelette-----	33
Interpolation-----	31
----- réguliere-----	115
----- modulee-----	115
Intervalliste-----	58

J

K

L

Liaison de joint-----	173
----- scénique-----	173
Lissage-----	111
Lissage global-----	156

M

Mise en scène-----	190
Model-sheet-----	55-141

N

O

OVERLAY-----	94-95
	104

P

Page-----	81-104
Panoramique-----	47
-----	129
-----	169
Parties cachées-----	205
Plan-----	47
Plongée-----	48

Q

R

Rang .d'un acteur	
ou d'un couple(acteur,clou)-	186
. local (d'une composante clou)	186
. global -----	186
Réalisateur-----	57
Réordonner-----	165
Rythme-----	161

S

Scaling (cf- changement d'échelle)--	126
Scénario-----	49
Scène-----	48
----- Unitaire-----	196
----- Multiple-----	196
Séquence-----	49
Story-board-----	51
Suite de cellulose-----	163
----- rythmique-----	161-164

Synopsis-----	49
Synthétiseur video-----	19
----- d'images-----	19
Synthétique (image)-----	20

T

Tempo-----	168
Temps - Affichage-----	161
----- réel-----	161
Tracé-----	80
Trajectoire-----	168
Transformation:-----	
, de type C0-----	138
,----- C1-----	138
,----- C2-----	139
Travelling-----	48-128

U

V

Viewport (cf- champ visuel)-----	122
Vitesse-----	161
Volet tournant-----	134-172

W

Window (cf- Fenêtre)-----	126
---------------------------	-----

X

Y

Z

0000

B I B L I O G R A P H I E

=====

o00o



En regard de chaque nom figure éventuellement le numéro de la page où il a été fait référence à un ouvrage de l'auteur en question.

BAECKER R.M.

- "Interactive computer mediated animation"
M.I.T. Ph.D. Thesis, June 1969 30
- "A computer animation facility for research and education film-making design and application"
Proceedings 4th Man-computer communication, conference May 1975
OTTAWA -

BURTNYK N. and WEIN M. National Research Council of Canada-OTTAWA

- "Computer animation of free form image", June 1975
Proceedings of the second annual conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH'75
Vol. 9, No. 1, Spring 1975
June 25-27, 1975, BOWLING GREEN, Ohio 32
- "Interactive skeleton techniques for enhancing motion dynamics in keyframe animation", October 1976
Communication of A.C.M., Vol. 19, No. 10 32

CLARK J.

- "Hierarchical geometric models for visible surface algorithm"
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 18

COLONNA

- "Un système informatique au service de la communication"
Laboratoire LACTAMME, Ecole Polytechnique, 1976 20

COMPARETTI G. C.E.A. Centre d'Etudes de LIMEIL

- "Essai de définition d'un moniteur d'animation de structures"
R.I.R.O. 1ère année, No. 6, 1967, p. 83-95
Journée Conception et réalisation de films assistés par ordinateur - Ecole Polytechnique, Avril 1977 :
- ANNECY "Un système d'animation par ordinateur", Juin 1974 36
- D.A.A.O. "Dessins Animés Assistés par Ordinateur"
Programme en cours 36

EUCLIDE

- "Sur le programme EUCLIDE, création, manipulation et visualisation de formes tridimensionnelles dans un langage géométrique à génération dynamique"
28 Novembre 1972, Université PARIS VI
Thèse de 3ème cycle 18

B. FERRIS, U.B.C. and D. SEELEY, S.F.U.

- "An environment for computer-based animation"
Proceedings 4th Man-computer communications Conference
May 1975, OTTAWA -

FISCHINGER O.

- Peintre Allemand et cinéaste en dessins animés
rejoint en 1936 les U.S.A. où il restera jusqu'à sa mort en 1967 67

FOLDES P.

- Peintre et cinéaste en dessins animés
né en Hongrie en 1924, mort en 1977 à PARIS (29 Mars)
a travaillé sur ordinateur 35

HIROSHI AKIMA

- "Interpolation and smooth curve fitting based on local procedures
(E2)" - Communication of A.C.M., Vol. 15, No. 10, October 1972 40

KNOWLTON K.C.

- "A computer technique for producing animated movies"
Bell Telephone Laboratories
Incorporated Hill, New Jersey, 1964 27

KNUTH

- "Fundamental Algorithms" The Art of Computer programming
Vol. 1 ADDISON WESLEY 106

LAUGIER C.

- "Un système d'interprétation graphique de données - Application
à l'illustration dynamique de programmes"
Thèse de 3ème cycle U.S.M.G. et I.N.P.G. GRENOBLE, 28 Octobre
1976 18

LAREN N.Mc.

- Cinéaste en dessins animés
né en Ecosse en 1914, Fondateur du département Dessins Animés
à l'A.N.F.C., MONTREAL, en 1941 67

LESTY M.J.

- "ANIMA"
MJL/OC 1.179/74-CHM, 9 Octobre 1974, THOMSON-CSF, LCR -
- "Essai de formulation de notions nécessaires à l'animation et pro-
blèmes posés"
MJL/OC - 1.186/75-CHM, 10 Janvier 1975, THOMSON-CSF, LCR -
- "Première étape dans l'animation d'objets articulés"
MJL/OC - 1.191/75-CHM, 22 Août 1975, THOMSON-CSF, LCR -
- "Le système d'animation
Construction de dessins animés par ordinateur"
MJL/OC - 1.197/75-CHM, 22 Août 1975, THOMSON-CSF, LCR -
- "Compte rendu du Festival du cinéma d'animation"
ANNECY 1975 - MJL/OC - 1.200/75-CHM, 16 Septembre 1975
THOMSON-CSF, LCR -
- "Détail des opérations"
MJL/OC - 1.211/75-CHM, 17 Novembre 1975, THOMSON-CSF, LCR -
- "Formulation séquentielle des blocs d'animation
MJL/OC - 1.217/76-CHM, 14 Janvier 1976, THOMSON-CSF, LCR -
- "Vocabulaire pour un système d'animation par ordinateur"
MJL/OC - 1.228/76-CHM, 30 Avril 1976, THOMSON-CSF, LCR -
- "Considérations générales sur un système d'animation par
ordinateur" MJL/OC - 1.239/76-CHM, 29 Octobre 1976,
THOMSON-CSF, LCR -
- "Notes à propos du Festival International du Film abstrait"
du 2 au 5 Décembre 1976 à MONTPELLIER

LEVINTHAL C.

- "Molecular model-building by computer models films"
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 18

LUCAS M.

- "Techniques de programmation et d'utilisation en mode conversationnel des terminaux graphiques"
Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Juin 1968, GRENOBLE 41
- "Un système conversationnel pour la construction et la manipulation des images"
Colloque : Systèmes conversationnels, GRENOBLE, Novembre 1968
Actes publiés chez DUNOD - Monographie d'informatique No. 6.... 41
- "Production de dessins animés à l'aide d'un terminal graphique"
Congrès AFCET 1972, GRENOBLE, Novembre 1972 41
- "Éléments pour un système de production d'images dynamiques"
Séminaire à la Faculté de GRENOBLE, Mai 1976 41

M.I.T. Science Teaching Center

- "Scattering in one dimension"
Film available on loan from the Atomic Energy Commission
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 18

MAX N.

- "Computer Rendering of Lobster Neurons"
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 19

MARTINEZ F.

- "Etude des problèmes de conception et de réalisation d'animation - le système SAFRAN"
Thèse de 3ème cycle, 23 Mai 1977, U.S.M.G. GRENOBLE -

MEZEI, L., ZIVIAN, A.

- "ARTA, an Interactive Animation System"
Proceedings of IFIPS Conference, 1971, p. 429-434 -

MORVAN, P., LUCAS, M.

- "Images et ordinateur : introduction à l'infographie interactive"
Ed. LAROUSSE, Septembre 1976 -

NEWMAN/SPROULL

- "Principles of interactive computer graphics"
Mc GRAW HILL BOOK Co. 123

PIERONI G., I.A.C. ROMA, Italy

TRUMPY S., CNUCE, PISA, Italy

- "Considerations on the problem of animation"
Proceedings SEAS
Anniversary Meeting, September 1973, LEUVEN, Belgique -

K. REUMANN

A.P.M. WITKAM

- "Optimizing curve segmentation in computer graphics"
ICS - 1973, DAVOS, Septembre 1973 113

SINDEN F.W.

- "Force, man and motion"
Bell Telephone Laboratories Films
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 18

SCHNEIDER F.J.

- "Graphics for Socials Scientists"
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 19

SCHWARTZ J.L., TAYLOR E.F.

- "Computer displays in the teaching of physics" Proc. F.J.C.C.
1968, SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 18

SCHWARTZ L.

- Cinéaste en dessins animés, a travaillé sur ordinateur
A exposé ses oeuvres au Whitney Museum, au Museum of Modern Art,
au Metropolitan Museum de NEW-YORK et au Hirshorn Museum à
WASHINGTON 28

TAKEO MIURA

- "An application of hybrid curve generation cartoon animation
by electronic computer" - S.J.C.C. 1967 38

TALBOT Peggy-Anne

- Animator : An On-Line Two-dimensional Film Animation System"
University of Pennsylvania - PHILADELPHIA
Communications of A.C.M., April 1971, Vol. 14, No. 4 -

WILLEMERT

- "Occupant model for human motion", 1974
Paper presented at the Conference on Computer Graphics and
Interactive Techniques, 15-17 July 1974, sponsored by the
University of Colorado, Computing Center and AC/SIGGRAPH
Computer & Graphics, Vol. 1, p. 123-128
PERGAMON PRESS, 1975 - Printed in Great Britain 21

WINZAPPEL G. and NEGROPONTE N.

- "Architecture by yourself"
SIGGRAPH, July 1976, PHILADELPHIA 19

ZAJAC E.E.

- "Computer made perspective movies on a scientific and communi-
cation tool"
Communication of A.C.M., March 1964, Vol. 7, No. 3 18
- "Two-gyro, gravity gradient attitude control system"
Bell Telephone Laboratories Films, SIGGRAPH, July 1976
PHILADELPHIA 18