



HAL
open science

**Un outil informatique de création d'images animées.
Modèles d'objets, langage, contrôle gestuel en temps
réel. Le système ANIMA**

Annie Luciani

► **To cite this version:**

Annie Luciani. Un outil informatique de création d'images animées. Modèles d'objets, langage, contrôle gestuel en temps réel. Le système ANIMA. Modélisation et simulation. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 1985. Français. NNT : . tel-00319267v1

HAL Id: tel-00319267

<https://theses.hal.science/tel-00319267v1>

Submitted on 8 Sep 2008 (v1), last revised 22 Jan 2016 (v2)

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

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

THESE

présentée à

l'Institut National Polytechnique de Grenoble

pour obtenir le grade de
DOCTEUR - INGENIEUR
"Electronique"

par

Annie LUCIANI

UN OUTIL INFORMATIQUE DE CREATION D'IMAGES ANIMEES :
MODELES D'OBJETS, LANGAGE, CONTROLE GESTUEL EN TEMPS REEL
LE SYSTEME ANIMA

Thèse soutenue le 4 novembre 1985 devant la commission d'examen

L. BOLLIET	président
C. CADOZ	Examineurs
A. CHEHIKIAN	
P. JORRAND	
P. QUEAU	

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

Président : Daniel BLOCH
Vice-Présidents : B. BAUDELET
H. CHERADAME
R. CARRE
J.M. PIERRARD

Année universitaire 1984-1985

Professeurs des Universités

E.N.S.E.E.G.

BESSON	Jean	LOUCHET	François
BONNETAIN	Lucien	PARIAUD	Jean-Charles
BONNIER	Etienne	RAMEAU	Jean-Jacques
DURAND	François	SOHM	Jean-Claude
GUYOT	Pierre	SOUQUET	Jean-Louis

E.N.S.E.R.G.

BARIBAUD	Michel	GENTY	Pierre
BLIMAN	Samuel	GUERIN	Bernard
BUYLE BODIN	Maurice	POUPOT	Christian
CHENEVIER	Pierre	SERMET	Pierre
COHEN	Joseph	ZADWORNY	François
COUMES	André		

E.N.S.I.E.G.

BARRAUD	Alain	JOUBERT	Jean-Claude
BAUDELET	Bernard	JOURDAIN	Geneviève
BLOCH	Daniel	LACOUME	Jean-Louis
BRISSONNEAU	Pierre	LONGEQUEUE	Jean-Pierre
CAVAIGNAC	Jean-François	MASSELOT	Christian
CHARTIER	Germain	MORET	Roger
CHERUY	Arlette	PAUTHENET	René
DURAND	Jean-Louis	PERRET	René
FELICI	Noël	PERRET	Robert
FOULARD	Claude	POLOUJADOFF	Michel
GAUBERT	Claude	SABONNADIÈRE	Jean-Claude
IVANES	Marcel	SCHLENKER	Claire
JALINIER	Jean-Michel	SCHLENKER	Michel
JAUSSAUD	Pierre		

E.N.S.H.G.

BOIS	Philippe	LESPINARD	Georges
BOUVARD	Maurice	MOREAU	René
LESIEUR	Marcel	PIAU	Jean-Michel

E.N.S.I.M.A.G.

ANCEAU
FONLUPT
LATOMBE
MAZARE

François
Jean
Jean-Claude
Guy

MOSSIERE
ROBERT
SAUCIER
VEILLON

Jacques
François
Gabrielle
Gérard

U.E.R.M.C.P.P.

CHERADAME
CHIAVERINA
GANDINI

Hervé
Jean
Alessandro

RENAUD
ROBERT
SILVY

Maurice
André
Jacques

Professeurs Associés

BLACKWELDER
HAYASHI
PURDY

Ronald
Hirashi
Gary

ENSHG
ENSIEG
ENSEEG

Professeurs à l'Université des Sciences Sociales (Grenoble II)

BOLLIET
CHATELIN

Louis
Françoise

Chercheurs du C.N.R.S.

Directeurs de recherche :

CARRE
FRUCHARD
JORRAND
VACHAUD

René
Robert
Philippe
Georges

Maître de recherche :

ALLIBERT
ANSARA
ARMAND
BINDER
BORNARD
DAVID
DESPORTES
DRIOLE
GIGNOUX
GIVORD
GUELIN
HOPFINGER

Michel
Ibrahim
Michel
Gilbert
Guy
René
Jacques
Jean
Damien
Dominique
Pierre
Emile

JOUD
KAMARINOS
KLEITZ
LANDAU
LASJAUNIAS
MERMET
MUNIER
PIAU
PORTESEIL
THOLENCE
VERDILLON
SUERY

Jean-Charles
Georges
Michel
Ioan-Dore
Jean-Claude
Jean
Jacques
Monique
Jean-Louis
Jean-Louis
André
Michel

Personnalités habilitées à diriger des travaux de recherche
(Décision du conseil scientifique)

E.N.S.E.E.G.

ALLIBERT	Colette	HAMMOU	Abdelkader
BERNARD	Claude	MALMEJAC	Yves (CENG)
BONNET	Roland	MARTIN GARIN	Régina
CAILLET	Marcel	NGUYEN TRUONG	Bernadette
CHATILLON	Catherine	RAVAINE	Denis
CHATILLON	Christian	SAINFORT	(CENG)
COULON	Michel	SARRAZIN	Pierre
DIARD	Jean-Paul	SIMON	Jean-Paul
EUSTATHOPOULOS	Nicolas	TOUZAIN	Philippe
FOSTER	Panayotis	URBAIN	Georges(ODEILLO)
GALERIE	Alain		

E.N.S.E.R.G.

BARIBAUD	Michel	DOLMAZON	Jean-Marc
BOREL	Joseph	HERAULT	Jeanny
CHOVET	Alain	MONLLOR	Christian
CHEHIKIAN	Alain		

E.N.S.I.E.G.

BORNARD	Guy	LEJEUNE	Gérard
DESCHIZEAUX	Pierre	MAZUER	Jean
GLANGEAUD	François	PERARD	Jacques
KOFMAN	Walter	REINISCH	Raymond

E.N.S.H.G.

ALEMANY	Antoine	OBLED	Charles
BOIS	Daniel	ROWE	Alain
DARVE	Félix	VAUCLIN	Michel
MICHEL	Jean-Marie	WACK	Bernard

E.N.S.I.M.A.G.

BERT	Didier	DELLA DORA	Jean
CALMET	Jacques	FONLUPT	Jean
COURTIN	Jacques	SIFAKIS	Joseph
COURTOIS	Bernard		

U.E.R.M.C.P.P.

CHARUEL	Robert
---------	--------

C.E.N.G.

CADET	Jean	NIFENECKER	Hervé
COEURE	Philippe (LETI)	PERROUD	Paul
DELHAYE	Jean-Marc (STT)	PEUZIN	Jean-Claude(LETI)
DUPUY	Michel (LETI)	TAIEB	Maurice
JOUVE	Hubert (LETI)	VINCENDON	Marc
NICOLAU	Yvan (LETI)		

Laboratoires extérieurs

C.N.E.T.

DEMOULIN
DEVINE
GERBER

Eric
R.A.B.
Roland

MERCKEL
PAULEAU

Gérard
Yves

I.N.S.A. Lyon

GAUBERT

C.

REMERCIEMENTS

Ce travail s'est effectué dans une équipe. Les membres de cette équipe sont aussi mes amis. Pour la plupart, nous travaillons depuis longtemps ensemble, et il est parfois difficile de distinguer, dans les idées qui sont miennes aujourd'hui, et que je présente ici, l'apport de chacun, tant elles se sont imbriquées, dans les discussions et le travail concret qui nous réunissent quotidiennement.

Je tiens en premier lieu à leur affirmer mon attachement à ce type de travail, et c'est à chacun d'eux je dédie ce document :

à Claude CADOZ
Jean-Loup FLORENS
Aimé RAZAFINDRAKOTO

Ce travail a fait l'objet d'une demande de dépôt de brevet. Nous avons toujours souhaité ce type d'ouverture, mais elle serait probablement restée lettre morte sans la présence de Marie Christine LARRAT, Administrateur à l'ACROE, qui, depuis bientôt un an, a pris en main, avec efficacité, la diffusion et la valorisation de notre recherche.

Mais mes remerciements vont prioritairement :

à Monsieur Jean-Claude RISSET
Directeur de recherche au CNRS,
Compositeur,
Président du Conseil Scientifique de l'ACROE,
qui nous désigne, de manière exemplaire, le chemin où s'allient Art et Science. Il n'est pas absent des raisons de notre choix initial et de notre attachement toujours plus grand à cette recherche.

à Monsieur Michel DECOUST,
Inspecteur Général de la Musique et de la Danse au Ministère de la Culture/Direction de la Musique et de la Danse,
Compositeur,
pour la compréhension et l'attachement à nos conceptions dont il a fait preuve depuis qu'il suit nos travaux, même et en particulier lorsque celles-ci, à leur début, s'exprimaient et se cherchaient fort maladroitement.

à Monsieur Philippe JORRAND,
Directeur du LIFIA, Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle de l'ENSIMAG,
Directeur de Recherche au CNRS,
qui m'accueille dans son laboratoire depuis deux ans, et grâce à qui, par la qualité de l'environnement scientifique et intellectuel qui m'est ainsi proposé, ce travail représente pour moi, non pas une fin, mais un commencement.

Je tiens enfin à m'adresser à une dame, âgée, dont je n'ai jamais connu le nom, qui, après mes études, à une époque où choisir entre ma recherche et ce qui est habituellement le choix d'une jeune femme, avoir un enfant, a répondu à mon inquiétude avec droiture et justesse : "nous

ne pouvons mener à bien deux créations essentielles en même temps. Mais pour ceux qui y tiennent, elles ne seront pas nécessairement exclusives dans le temps".

Je suis aujourd'hui maman d'une petite fille de 18 mois, une fée-sourire, un brise-tristesse, qui ne m'a jamais empêchée de m'asseoir à ma table de travail, et qui accroche des rires et de la vie partout dans ma maison.

A cette dame,
A cette enfant,
Merci.

Ces travaux ont été soutenus financièrement par le Ministère de la Culture/Direction de la Musique et de la Danse et par l'Agence de l'Informatique.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I - CREATION ET OUTIL DE CREATION

I.1. REPRESENTATION ET CREATION

I.2. L'ANIMATION : COMPRENDRE, CREER, JOUER AVEC DES OBJETS MANIPULABLES

I.2.1. DANS LES ARTS PLASTIQUES

I.2.2. AVEC LA CAMERA

I.2.3. ET AVEC L'ORDINATEUR?

I.3. L'ANIMATION ET SES OUTILS

I.3.1. QUELQUES REGLES-GUIDES POUR L'ANIMATEUR

I.3.2. DANS L'ANIMATION CINEMATOGRAPHIQUE

I.3.2.1. L'animation par manipulation

I.3.2.1.1. L'objet inerte et la manipulation

I.3.2.1.2. Intérêts de cette technique

I.3.2.1.3. Contraintes imposées par cette technique

I.3.2.2. L'animation par composition

I.3.2.2.1. L'objet inerte et l'écriture du mouvement

I.3.2.2.2. Intérêts et contraintes de cette technique

I.3.2.2.3. Pour contourner ces obstacles majeurs

I.3.2.3. Conclusion - les difficultés de l'animation
cinématographique

I.3.3. L'ANIMATION PAR ORDINATEUR - LES PRINCIPAUX POINTS DE VUE

I.3.3.1. L'animation par dessins-clés

I.3.3.2. Grammaires de mouvements

I.3.3.3. Autres démarches

I.4. LES FONCTIONS DE L'OUTIL INFORMATIQUE DE CREATION D'IMAGES ANIMEES

I.4.1. L'ORDINATEUR, OUTIL DE CREATION

I.4.2. ACTIVITE DE CONCEPTION ET ACTIVITE DE MANIPULATION

I.4.3. LA SITUATION INSTRUMENTALE

I.4.3.1. Relation sensori-motrice à l'objet

- I.4.3.2. l'O.M.M. - Objet Mobile Manipulable
 - I.4.3.2.1. Qu'est-ce-qu'un objet mobile manipulable
 - I.4.3.2.2. Comparaison à d'autres concepts
 - I.4.3.2.3. Intérêts de la notion d'objet mobile manipulable
- I.4.3.3. Quels modèles pour l'objet mobile manipulable
 - I.4.3.3.1. L'univers de référence
 - I.4.3.3.2. Réalisme
 - I.4.3.3.3. Variété
 - I.4.3.3.4. Expérimentabilité
- I.4.4. LES FONCTIONS DE L'OUTIL INFORMATIQUE DE CREATION D'IMAGES ANIMEES

CHAPITRE II - LA PRODUCTION D'IMAGES EN MOUVEMENT PAR SIMULATION D'OBJETS MOBILES MANIPULABLES

II.1. RESTITUER LA SITUATION INSTRUMENTALE DANS UN ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE

- II.1.1. LES FONCTIONS A REALISER
- II.1.2. LE TEMPS REEL DANS LA SIMULATION INSTRUMENTALE
- II.1.3. LA VISUALISATION TEMPS REEL
 - III.1.3.1. Complexité de l'image
 - III.1.3.2. Qualité de l'image
 - III.1.3.3. Matériels

II.2. LE CONTROLE GESTUEL

- II.2.1. TYPOLOGIE DU GESTE DE MANIPULATION
- II.2.2. LES TRANSDUCTEURS GESTUELS RETROACTIFS
- II.2.3. LES TRANSDUCTEURS GESTUELS NON RETROACTIFS ANALOGIQUES
- II.2.4. LES TRANSDUCTEURS GESTUELS NON RETROACTIFS DISCRETS

II.3. MODELISATION DE L'OBJET MOBILE MANIPULABLE

- II.3.1. MODELES ET LANGAGE
 - II.2.1.1. Modularité
 - II.2.1.2. Choix des éléments
 - II.2.1.3. Combinatoire
 - II.2.1.4. Relations non-linéaires entre éléments

II.3.2. ALGORITHMIQUE ET CONTRAINTE D'IMPLANTATION

II.3.2.1. Relation entre le langage de modélisation et l'algorithmique

II.3.2.2. Relation de causalité

II.3.2.3. Contraintes imposées par la modification de l'objet en temps réel

II.3.3. LES PRIMITIVES DE SIMULATION

II.3.3.1. Les primitives d'acquisitions

II.3.3.2. Les primitives d'entrées/sorties gestuelles

II.3.3.3. Les primitives des éléments matériels

II.3.3.4. Les primitives de liaisons linéaires

II.3.3.5. Les primitives de liaisons conditionnelles

II.3.3.6. Les primitives de liaisons dégénérées

II.3.3.7. Les primitives de contrôle des paramètres

II.3.3.8. Les primitives de visualisation temps réel

II.4. IMPLANTATION DE LA SIMULATION

II.4.1. STRUCTURE DU LOGICIEL DE SIMULATION

II.4.1.1. Organisation des programmes

II.4.1.2. Organisation des données

II.4.1.3. Organisation des mémoires AP

II.4.2. REPARTITION DES TACHES ET SYNCHRONISATION POUR LE TEMPS REEL

II.4.2.1. Tâche "temps réel" du LSI

II.4.2.2. Synchronisation des entrées/sorties gestuelles, de la simulation et des sorties visuelles

II.4.2.3. Relation entre la boucle de simulation et l'environnement interactif

II.4.2.4. Fonctionnement en temps différé

II.4.3. EXTENSIONS DU SYSTEME DE SIMULATION POUR LES SORTIES SONORES

CHAPITRE III - L'ENVIRONNEMENT POUR LA DESCRIPTION INTERACTIVE DES OBJETS DANS ANIMA

III.1. LE MODE OPERATOIRE

III.1.1. DESCRIPTION DE LA SCENE ET DU JEU

III.1.2. LA SCENE

III.1.3. LES MODES PRINCIPAUX DE ANIMA

III.1.3.1. Mode SQL (structure qualitative)

III.1.3.2. Mode SQN (structure quantitative)

III.1.3.3. Mode PDU (points de vue)

III.1.3.3.1. POM (point de vue mécanique)

III.1.3.3.2. POS (point de vue spatial)

III.1.3.3.3. POT (point de vue temporel)

III.1.3.4. Mode CDE (choix des entrées)

III.1.3.5. Mode CSS (choix des sorties)

III.1.3.6. Mode JEU

III.2. REPRESENTATION INTERNE DES OBJETS ET DE LA SCENE

III.3. L'ENVIRONNEMENT INTERACTIF POUR ANIMA

III.3.1. LES FONCTIONS DE L'INTERACTIVITE

III.3.2. STRUCTURE DU PROGRAMME

III.3.2.1. Gestion des menus

III.3.2.2. Gestion des matrices

III.3.2.3. Gestion de la création des objets

III.3.2.4. Gestion de la destruction des objets

III.3.2.5. Archivage et lecture des objets

III.3.2.6. Contrôle

III.3.3. LA REPRESENTATION INTERACTIVE DES MODES DANS ANIMA

III.3.3.1. Le mode initial

III.3.3.2. Définition des entrées/sorties gestuelles

III.3.3.3. Création et modification de l'objet mécanique

III.3.3.4. Définition des sorties visuelles

III.3.3.5. Définition des paramètres

III.3.3.6. Définition du contexte

III.4. LE LOGICIEL DE BASE DE DIALOGUE ANIGRAPH

III.4.1. STRUCTURE DE ANIGRAPH

III.4.2. OUTILS DE CONSTRUCTION

III.4.2.1. Construction d'objets

III.4.2.2. Construction d'éléments de dialogue

III.4.2.3. Utilitaires de construction

- III.4.2.4. Primitives de construction
- III.4.3. OUTILS DE SORTIE
- III.4.4. OUTILS D'ENTREE
 - III.4.4.1. Etude de quelques systèmes d'entrée
 - III.4.4.2. Les concepts de ANIGRAPH
 - III.4.4.3. Communication avec l'opérateur
 - III.4.4.4. Primitives internes des éléments de ANIGRAPH
 - III.4.4.5. Communication avec l'application
 - III.4.4.6. Les fonctions implantées

CHAPITRE IV - RESULTATS ET PERSPECTIVES

IV.1. EXEMPLES DE SIMULATION ET RESULTATS

IV.1.1. OBJETS OBTENUS A PARTIR DE LA SIMULATION D'UNE SURFACE ELASTIQUE

- IV.1.1.1. Animation d'une surface élastique
- IV.1.1.2. Animation d'un anneau
- IV.1.1.3. Animation de deux anneaux couplés
- IV.1.1.4. Ce que nous déduisons de cette expérience

IV.1.2. SIMULATION D'UNE SCENE : JEU AVEC UN "PUNCHING-BALL"

IV.1.3. SIMULATION D'UNE SCENE MULTISENSORIELLE : LE "JEU DE TENNIS" RETROACTIF ET SONORE

IV.2. CRITIQUES ET PERSPECTIVES

IV.2.1. SUR LES MODELES MECANIQUES

IV.2.2. SUR LES MODELES POUR LA REPRESENTATION VISUELLE

IV.2.3. SUR L'ASPECT COMPOSITIONNEL

- IV.2.3.1. Spécification de la situation instrumentale
 - IV.2.3.1.1. Spécification de la structure des accès gestuels
 - IV.2.3.1.2. Description et composition d'objets
 - IV.2.3.1.3. Spécification des points d'observation
 - IV.2.3.1.4. Recherche d'un langage unifié de spécification de situations instrumentales

IV.2.3.2. Opérations sur les actions

IV.2.3.3. Opérations sur les résultats

IV.2.3.4. Spécification d'une situation complexe

IV.3. CONCLUSIONS

IV.3.1. L'ONOMATOPEE ET LE LANGAGE

IV.3.2. CAUSALITE OBJECTIVE ET CAUSALITE PERCEPTIVE

IV.3.3. DU GESTE ET DE LA MEMOIRE

BIBLIOGRAPHIE

B.1. ART - ANIMATION CINEMATOGRAPHIQUE

B.2. PSYCHOLOGIE - PSYCHOPHYSIQUE

B.3. ANIMATION PAR ORDINATEUR

B.4. SYSTEMES GESTUELS

B.5. GRAPHIQUE ET INTERACTIVITE

B.6. LES PUBLICATIONS DE NOTRE EQUIPE

INTRODUCTION

AVANT-PROPOS

Aux membres du jury et autres lecteurs de ce document

L'art et la science sont aujourd'hui étrangers de par la séparation franche des structures qui les supportent.

Le sujet qui nous motive et sur lequel nous travaillons depuis longtemps déjà, procède et de l'un et de l'autre. Nous tiendrons des propos sur l'art et nous tiendrons aussi des propos sur la science et surtout la technologie.

D'aucuns trouveront cette démarche hasardeuse, voire dangereuse. Ne s'agirait-il pas simplement de justifier ainsi des incompétences dans chacun des deux domaines? Peut-être.

Cependant, que faire?

Car l'art ne peut, aujourd'hui moins que jamais, se passer de science et de technologie. Et la science, dans bien de ses secteurs, se tourne aujourd'hui explicitement vers l'humain.

Je dois reconnaître que l'essentiel de mes conceptions, tant sur l'art que sur l'apport de la technologie dans ce domaine, sont d'origine intuitive et que, en particulier en ce qui concerne l'art, elles ne sont supportées que par peu de pratique.

Notre seul recours : exprimer nos conceptions le plus explicitement possible, jusqu'à une réalisation concrète d'une preuve tangible - une "machine" -, et accepter, souhaiter même, d'être sévèrement critiqués et sur celle-ci et sur celles-là.

NOTRE CADRE DE RECHERCHE

Les travaux qui font l'objet de cette thèse concernent l'utilisation de l'ordinateur comme outil de création d'images animées.

D'une manière plus générale, ils s'intègrent dans un programme de recherche mené conjointement par le LIFIA, Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle de l'ENSIMAG (École Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble), et l'ACROE, Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression.

Ce programme se centre sur la définition et la réalisation des conditions matérielles de la création artistique, musicale et visuelle, dans un environnement informatique. Il a son origine dans la constatation de l'indissociabilité de la pensée esthétique et de l'outil de sa création.

Il suppose :

l'identification de l'apport de l'informatique, comparativement aux technologies qui l'ont précédée, en matière de création,

il postule :

la possibilité de définir un concept général d'outil de création,

Il a pour objectif :

la définition des fonctions d'un outil informatique de création musicale et d'images animées, et la concrétisation de ces fonctions dans une "machine" utilisable par les créateurs.

INSTRUMENTALITE/ECRITURE

ou "De l'ordinateur pour une instrumentalité de l'écriture
et
pour une écriture de l'instrumentalité"

CE QUE L'ON SAIT AUJOURD'HUI DE L'ORDINATEUR UTILISE POUR LA CREATION

L'informatique - et l'ordinateur qui est son support, comme le papier est le support de l'écriture - se distingue des outils de création antérieurs par les originalités suivantes :

1. Il permet la mémorisation et le traitement d'informations de natures diverses : images, sons, et tout ce qui a permis de les faire : procédés, règles de composition, matériaux, étapes opératoires...

Le créateur a la possibilité de travailler, ou de créer, non seulement au niveau de l'image, ou du son, ou du texte, mais au niveau des processus qui les génèrent.

Dans le même contexte, le créateur peut travailler les formes, textures et couleurs visuelles, en un mot être "peintre"; mais aussi, il peut être "maquettiste", "sculpteur" ou "metteur en scène" lorsqu'il travaille des agencements et des déplacements dans un espace tri-dimensionnel; ou encore "scénariste", "écrivain", "compositeur", lorsqu'il compose des structures formelles, des règles d'agencement spatiales ou temporelles; enfin, il peut être "instrumentiste", lorsqu'il pourra, moyennant des capteurs et des dispositifs particuliers, manipuler ces matériaux par des gestes.

On n'a jamais eu, semble-il, un accès aussi complet à l'ensemble des constituants du processus de création, autant de traces de l'activité de création, qui sont en fait autant de portes ouvertes à l'intervention du créateur.

2. L'ouvrage n'a pas de durée ni d'espace de vie : Tout ou une quelconque partie de celui-ci, quelle que soit sa nature - textes, règles, scènes, images, sons...- peut toujours, à chaque instant et en quelque lieu que ce soit "être remis sur le chevalet". La "peinture informatique" peut ne pas sécher, le papier rester toujours intact malgré les coups de gomme, l'éclairage et la scène toujours accessibles, même une fois la photographie prise et les décorateurs partis.

3. L'ordinateur n'est pas un outil parmi d'autres : il est un "hyper-outil". Il se présente comme un cadre vide, ou un matériau neutre, à qui l'on peut faire jouer des fonctions diverses. Il peut "faire comme" un violon, une marionnette, un crayon, une caméra...

Pour cela, on "décrit", dans ce matériau neutre, les fonctions de l'outil dont on veut qu'il joue le rôle. On écrit, car il s'agit bien d'une écriture, comme préfèrent le dire les compositeurs ou les écrivains.

4. La première fonction qu'a donc réalisée l'ordinateur est une "fonction d'écriture". Mais il ne s'agit pas d'une écriture comme une autre. Il s'agit, pour la première fois, d'une écriture opératoire, qui simultanément décrit et réalise. Ainsi, c'est bien la première fois, n'est-ce-pas, qu'il nous suffit de décrire une image pour la voir, de décrire un son pour l'entendre.

L'ordinateur est une feuille de papier agissante, un transducteur "écriture/perceptions".

Ne nous étonnons plus alors du mythe qu'il génère chez les artistes, lourdement entravés, qu'il s'agisse de musique ou de cinéma, par la multiplicité des outils par lesquels ils doivent passer pour aller de l'idée au résultat perceptible qui l'exprime.

Toutes ces fonctions sont aujourd'hui prouvées, par tous les systèmes de synthèse de sons et d'images, même si de nombreux développements restent encore à faire.

QU'EST-CE-QUE L'ORDINATEUR PEUT, OU DOIT, ENCORE NOUS PROPOSER ?

La première fonction que nous venons de décrire est déjà un grand bouleversement pour la création.

Mais, nous avons mordu à la pomme. Nous devons continuer.

On commence alors à se dire, que ces images, ces sons que l'on produit de si belle manière, ont quand même une trace d'étrange, de "seulement presque réussi", de "quelque chose qui ne nous concerne pas". Il y a toujours un trop ou un pas assez : cette sphère trop sphérique est trop brillante, ce choc n'est pas assez amorti...

Pourquoi? Une de nos hypothèses consiste à faire remarquer que, dans cet univers simulé, que l'écriture informatique nous a permis de réaliser, l'homme est absent. Autrement dit, il écrit, il légifère, mais il n'agit pas. Ce n'est pas une main qui entraîne l'archet du violon simulé, c'est une loi. Ce n'est pas une main qui a sculpté cette sphère, car la main aurait eu besoin de matière et le choc d'une telle sphère aurait alors été "juste".

L'action manque. Manque la relation sensori-motrice, nous dirons instrumentale, à cet univers simulé. Et ce que prouvent les images et les sons de synthèse d'aujourd'hui, c'est que la création artistique et la perception esthétique ne peuvent s'en passer.

Alors, il nous faut définir une nouvelle fonction de l'ordinateur, celle de transducteur "actions/perceptions".

Supposons que l'on puisse, une fois décrit un espace, ou plus simplement un objet, le saisir, le manipuler, comme nous le ferions avec un objet réel, alors, nous réaliserions une fonction nouvelle, celle de pouvoir agir instrumentalement sur un objet résultant d'une écriture.

...Sachant par ce qui précède que nous pouvons agir par l'écriture sur les objets et les résultats de cette situation instrumentale...

Cette nouvelle fonction n'est, selon nous, pas encore prouvée aujourd'hui. Elle nécessite que plusieurs conditions soient réunies. C'est à cette preuve et à l'étude de ces conditions que notre programme s'attelle prioritairement.

L'OUTIL INFORMATIQUE DE CREATION

Un de nos postulats consiste à admettre que les facultés du créateur sont indissociables de l'apprentissage sensori-moteur des matériaux qu'il manipule. Dans la pensée du créateur, s'interpénètrent les images mentales les plus directement sensorielles avec les plus pures abstractions.

Une des premières fonctions de l'outil de création est celui d'être un support pour la constitution de cette pensée. Il doit donc permettre à la fois l'expérience sensori-motrice et l'activité conceptuelle.

La première s'exerce sur un instrument. Nous devons donc rechercher comment réaliser les conditions de l'expérience instrumentale dans un environnement informatique.

La seconde a pour support l'écriture et nous devons définir des systèmes d'écritures avec leurs objets et leurs règles.

RESTITUER LA SITUATION INSTRUMENTALE

Dans la situation instrumentale, le créateur est en relation sensori-motrice avec un ou plusieurs objets.

Qu'il s'agisse du sculpteur face à son matériau, du peintre manipulant pâtes colorées et pinceaux, du pianiste face à son clavier, telle est la situation instrumentale.

Pour restituer une telle situation, 3 questions se posent :

- * la première porte sur les modèles d'instruments, et sur leur implantation informatique,
- * la seconde porte sur le langage informatique de description et de construction de ces instruments,
- * la troisième porte sur les dispositifs physiques qui vont permettre à l'animateur de manipuler ces objets informatiques.

A la première de ces questions, nous répondons en prenant explicitement comme objets de référence les objets du monde naturel, ceux sur lesquels nous agissons le plus souvent. Même face à des objets inédits, comme ceux que peut produire, par synthèse, un ordinateur, l'homme tente de les interpréter et de les manipuler comme des émanations du monde réel, de leur trouver une cause plausible dans l'univers réel.

Nous considérerons l'ordinateur comme un outil de représentation de l'univers instrumental, et les premiers types de modèles qui nous ont parus adaptés à ce propos sont les modèles physiques.

Pour répondre à la deuxième de ces questions, référence est également faite au monde naturel. Le langage devra avoir des propriétés telles qu'il permettra de constituer un objet par assemblage "naturel" d'éléments "naturels".

La dernière de ces questions va nous conduire à étudier des transducteurs gestuels qui seront les intermédiaires entre l'homme et la machine, en tenant compte des types de gestes humains, de l'état de la technologie mécanique, et des types d'informations à destination et en provenance de la machine informatique.

ACTIVITE CONCEPTUELLE

Tout d'abord, à partir des produits bruts de la situation instrumentale qui auront été mémorisés - gestes effectués, objets, images résultantes - les structurer et les composer, pour fabriquer des séquences de gestes, des séquences d'images, des objets plus complexes, suppose l'élaboration de langages de composition de gestes, d'objets et d'images.

Mais, de manière plus générale, l'activité conceptuelle intervient à tous les niveaux du processus de création. Ainsi, elle intervient dès la spécification de la situation instrumentale la plus élémentaire.

Nous n'aborderons pas explicitement la définition de langages compositionnels de gestes, d'objets ou d'images.

Cependant, la définition d'un langage de construction d'instruments, le choix de modèles d'instruments, la définition de contextes décrivant des situations instrumentales spécifiques, la caractérisation d'un environnement de transducteurs gestuels, les codages pour l'archivage des gestes, des objets et des images, qui s'inscrivent dans notre programme actuel, constituent une part d'activité compositionnelle. Nous devons les considérer comme tels car ils définissent d'emblée le substrat et un ensemble de contraintes de base pour l'exercice ultérieur d'une activité compositionnelle plus complexe.

DANS CE DOCUMENT

DANS UN PREMIER CHAPITRE :

Nous proposons une analyse du processus de création. L'idée clé réside dans le fait d'associer étroitement l'activité de création à une activité symbolique et de représentation.

Nous recherchons ensuite l'écho de cette idée,

* tout d'abord de manière assez générale, en interprétant l'évolution des idées esthétiques corrélativement à leurs outils, dans différents secteurs de l'art visuel du mouvement, depuis les arts plastiques jusqu'à l'ordinateur,

* puis de manière plus précise dans les pratiques qui ont été développées dans l'animation cinématographique.

Ce faisant, nous retrouvons dans ces mêmes techniques, à l'aide d'une classification spécifique, l'articulation fondamentale entre activité sensori-motrice et activité conceptuelle dans le processus de création d'une séquence d'images animées.

A ce stade, compte tenu des différents concepts que nous avons extraits des analyses précédentes, nous avons les moyens de définir les fonctions de l'outil informatique de création d'images animées. Nous définissons la notion d'objet mobile manipulable, la situons par rapport aux concepts significatifs développés dans d'autres systèmes d'animation par ordinateur, et donnons les critères permettant de choisir des modèles pour simuler de tels objets.

DANS UN DEUXIEME CHAPITRE :

Nous cherchons à définir les conditions de l'expérience instrumentale dans un environnement informatique.

Nous traitons concrètement des questions :

- * du contrôle gestuel,
- * de la définition des éléments du langage de construction des objets mobiles manipulables, de la définition de leurs modèles, de leur mise en algorithmes et de leur implémentation,
- * des problèmes spécifiques liés à la situation instrumentale "temps réel", qui portent sur le synchronisme entre les systèmes gestuels, l'exécution des algorithmes de simulation et la visualisation temps réel.

DANS UN TROISIEME CHAPITRE :

Nous traitons de la définition et de la réalisation de l'environnement interactif pour créer une situation instrumentale particulière, qui comprend donc :

- * la création et la modification des objets mobiles manipulables,
- * la communication instrumentale avec l'animateur,
- * l'archivage et la restitution de toutes les étapes et de toutes les informations nécessaires et produites par la situation instrumentale, portes de l'activité compositionnelle.

DANS UN QUATRIEME CHAPITRE :

Nous présentons nos résultats.

A partir d'exemples de séquences d'images animées que nous avons effectuées à l'aide de notre système, nous étudions certains de ses intérêts et évaluerons certaines de ses faiblesses.

Nous discutons ensuite des ouvertures, extensions, et remises en cause, qu'il nous faut à partir d'aujourd'hui envisager, dans l'optique de la conception d'un outil opérationnel plus performant. Cette discussion porte en particulier sur l'aspect compositionnel et sur l'extension nécessaire des modèles d'objets pour obtenir des images plus complexes.

CHAPITRE I

CREATION ET OUTIL DE CREATION

I.1. REPRESENTATION ET CREATION

Stat aliquid pro aliquo.

"La vie de relation, commune à l'homme et à l'animal, permet à ces vivants d'agir sur les choses réelles, par des conduites motrices et d'aménager le monde extérieur dans un sens favorable à leurs fins.

A la différence de l'animal, l'homme peut en outre évoquer les objets absents, éloignés dans le temps ou dans l'espace, par l'entremise de substituts divers : portraits, schémas, symboles, signes, termes du langage, images mentales, concepts. Le portrait représente la personne, la statue le dieu,...la carte le pays,...

Connaitre, sous son aspect le plus général, n'est rien d'autre que se représenter." (J. Paulus - 1969)

Sur ces substituts, l'homme peut appliquer les mêmes types de conduites, verbales, mentales, ou motrices, que sur l'objet de référence, à ceci près qu'elles se présentent comme plus praticables et plus économiques, que les conduites sur les objets de référence. Par ces intermédiaires, on remplace l'expérimentation effective sur l'objet de référence, lorsque celle-ci s'avère délicate, difficile ou impossible, par une expérimentation sur un autre objet, réel ou mental, qui lui tient lieu de signe.

"Cette connexion spécifique entre des signifiants et des signifiés constitue le propre d'une fonction ... que nous appellerons symbolique. C'est elle qui rend possible

l'acquisition du langage, mais elle le déborde largement, puisqu'elle intéresse les symboles ... c'est à dire les images intervenant dans le développement de l'imitation, du jeu, et des représentations cognitives elles-mêmes." (J. Piaget - 1945).

Et nous ajouterons, de la création dite "artistique". Celle-ci n'est autre qu'une expérimentation mentale, symbolique, ou/et motrice, sur des signes. Elle découle donc directement de la fonction de représentation.

En effet, la fonction de représentation se caractérise par trois propriétés :

* la première est la propriété d'évocation elle-même : La première fonction du substitut est d'**évoquer** l'objet de référence. Pour cela, il en reproduit certains caractères : ainsi, l'agencement des contours, des couleurs et des contrastes sur un portrait correspond à l'agencement de ces mêmes éléments perceptifs sur l'objet de référence.

* la seconde est que ce substitut n'est pas doté de tous les attributs de l'objet de référence : le portrait ne reproduit qu'une partie des formes; il ne traduit pas des mouvements de physionomie; il n'est pas la personne avec ses facultés d'agir. La représentation est **réductrice**.

Et ceci pour deux raisons :

* premièrement, pour jouer son rôle, c'est à dire pour rendre praticable une expérimentation que nous dirons, pour simplifier, impossible, ce substitut doit se débarrasser d'attributs inutiles ou contraignants. Il va chercher la meilleure configuration entre l'économie et l'efficacité de l'évocation;

* deuxièmement, cet objet appartient à un système différent de celui de l'objet de référence, système qui a ses contraintes propres, qui définissent un "domaine de représentation". Ainsi, le portrait qui est produit par peinture ou par photographie, ne peut représenter dynamiquement des mouvements de physionomie.

* la troisième est que ce substitut possède des attributs qui ne se trouvent pas dans l'objet de référence. A la réduction s'ajoute une **extension**. Ainsi, le portrait sur un support papier peut permettre le collage, le découpage, le montage pictural.

Il peut, de ce fait, induire et susciter, un ensemble de significations nouvelles. C'est cette propriété qui invite aux créations, ludique et artistique, de nouvelles significations et représentations, et, si "connaître, c'est se représenter", stimule la recherche de nouvelles connaissances.

"Les illusions du jeu chez l'enfant ont pour contrepartie exacte le sentiment et le désir continu de la fiction... S'il présente un bout de papier comme un mets succulent, l'écart même entre les deux objets est un stimulant pour son plaisir." (H. Wallon - "la vie mentale" - Encyclopédie Universelle - 1938).

De même, l'on peut dire que la création artistique se situe dans la confrontation des 2 fonctions essentielles de la représentation, évocation et création, intimement liées, l'une ne pouvant s'exercer sans l'autre. Cela signifie que la création artistique ne peut se définir comme relevant uniquement du domaine de l'imagination pure, opinion largement répandue, mais qu'elle est inhérente au processus de représentation nécessaire à toute connaissance.

Une différence cependant :

Dans le cas de l'application scientifique, expérimenter sur un substitut suppose un retour possible à une expérimentation sur l'objet de départ. Dans le cas de la création artistique, ce retour n'est pas une nécessité. En effet, nous effectuons des trajets sur une carte dans le but de trouver le meilleur trajet à suivre réellement; nous dessinons une pièce mécanique dans le but de la réaliser. L'objectif technique, et plus généralement scientifique, exige un retour obligatoire aux objets de référence et qu'un transfert de tout ou partie de l'expérience effectuée sur le substitut vers son référent soit possible.

L'objectif de création laisse ouverte la relation "signifiant/signifié". Elle n'exige pas le retour à un représentant. Le substitut a le pouvoir d'être réellement un substitut, c'est à dire de remplacer définitivement l'objet de référence. Bien plus, ce dernier peut ne jamais exister, et être simplement accessible, ou imaginable, par son signifié.

I.2. L'ANIMATION : COMPRENDRE, CREER, JOUER AVEC DES OBJETS MOBILES

La représentation de corps mobiles, objets capables de se mouvoir et de donner une variété de mouvements en réponse à une variété d'actions - se déplacer, se déformer, voire se transformer - a toujours préoccupé les plasticiens qui ont cherché à exprimer le mouvement.

I.2.1. DANS LES ARTS PLASTIQUES

Cette préoccupation ne commence cependant à s'exprimer clairement dans les arts plastiques que vers la fin du XIXème siècle :

* apparition de séries peintes, dessinées ou sculptées :

exemples : - dans le domaine de la peinture, les séries de Monet,
- dans le domaine de l'illustration, naissance de la bande dessinée.

* recherche d'une représentation de la mobilité "à l'intérieur du cadre" traditionnel du peintre :

exemples : - L'impressionisme : "appliquer à l'art l'observation rigoureuse de la nature en s'appliquant avec passion à interpréter la forme en mouvement autant que les phénomènes fugitifs de la lumière", (H. READ -Histoire de la peinture moderne -1960 -Extrait de MITRY 74)
- La recherche du "dynamisme universel" des futuristes italiens,
- Le simultanéisme : "les impressionnistes ont mis les premiers l'accent sur les qualités dynamiques de la vie, mais sans jamais parvenir à résoudre le problème de la représentation du mouvement à l'aide des formes statiques de la peinture et de la sculpture. La solution futuriste est quelque peu naïve : un cheval au galop n'a pas quatre pattes mais vingt... Et avec

logique, ils se mirent à peindre des chevaux, des chiens, des êtres humains dotés d'une profusion de membres...préfigurant le simultanéisme".(Read 60).

Ce propos est bien illustré par l'oeuvre "Nu descendant l'escalier" de Marcel Duchamp (1912).

- La recherche des lois de l'équilibre par V. Eggeling, W. Kandinski... en tant que représentation de la mobilité et leur transcription en codes ou grammaires des formes picturales.

Et aujourd'hui encore, la préoccupation de représenter des objets capables de mouvement, est toujours affirmée :

"l'obsession du temps. Qu'est-ce pour un sculpteur sinon le mouvement? Et le mouvement qui est modification dynamique des formes. Modification dont il faut saisir les traces comme autant d'instantanés précurseurs de l'avenir. Cette obsession du temps...j'ai tenté de l'exprimer à travers des figurines expressionnistes. Chaque figurine était un résultat fini qui figeait le temps, en même temps qu'elle cherchait à l'exprimer..." (José Luis Alexanco - IBM Informatique n°13, 1975).

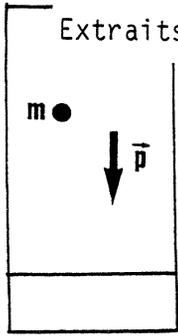
Dans toutes les orientations dont nous venons de parler, on cherche à évoquer, à représenter des corps mobiles ou des phénomènes dynamiques à l'aide de **représentations visuelles statiques** :

* soit à partir de la représentation de l'un de leurs mouvements, celui-ci étant lui-même décrit par une série de différents états visibles de l'objet.

* soit à partir d'une symbolisation de leur cause. Dans ce cas, le travail du créateur s'oriente vers la recherche de symboles statiques susceptibles d'évoquer, de suggérer des objets en mouvements ou capables de mouvements.

exemples : flèches, déformations, trajectoires. (Figure I.1)

Extraits de "Mais où sont les nègres d'antan" de A. MARTIN et M. BOSCHET



a) LE MARTEAU HYDRAULIQUE (fig. 25):

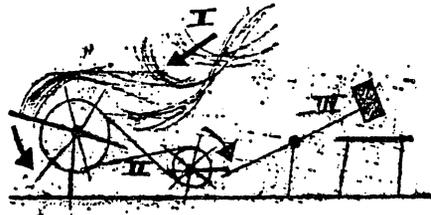


Fig. 25

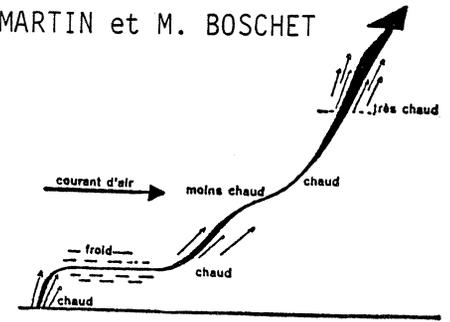


Fig. 58

Un ballon libre en ascension passe d'une couche d'air chaud à une couche froide, puis à nouveau dans une chaude, et finalement dans une très chaude. (Rythme à agencement délié).

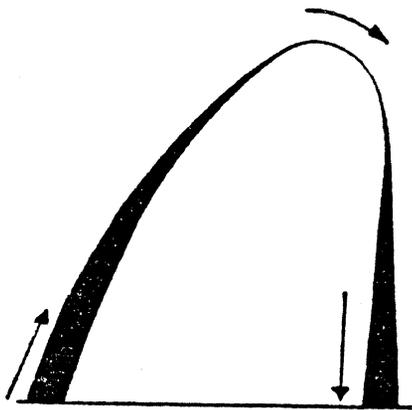


Fig. 54

Fig. 54: un projectile tiré en l'air monte avec une énergie décroissante, vire et retombe vers la terre avec une énergie croissante. (Agencement délié).

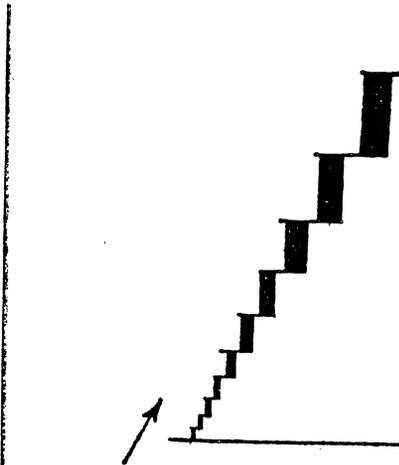


Fig. 55

Fig. 55: escalade d'un escalier avec effort ascensionnel en augmentation graduelle. (Agencement rigide).

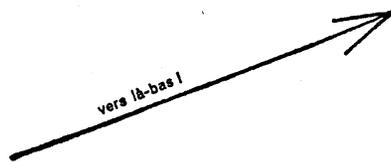


Fig. 68

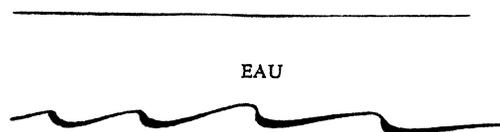
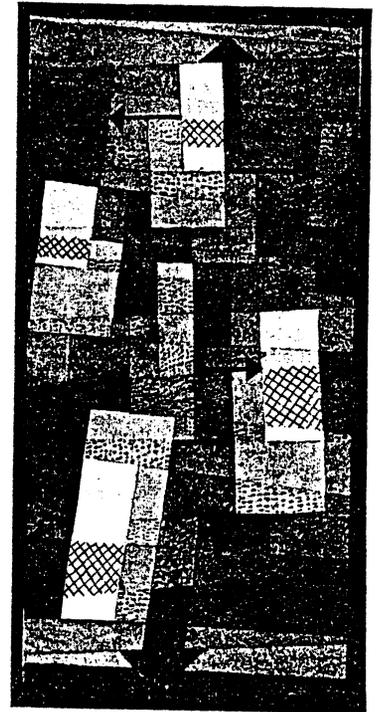


Fig. 56

Les battements de jambes d'un nageur. (Rythme à agencement délié).



ÉQUILIBRE INSTABLE. 1922, aquarelle. Fondation Klee, Berne.

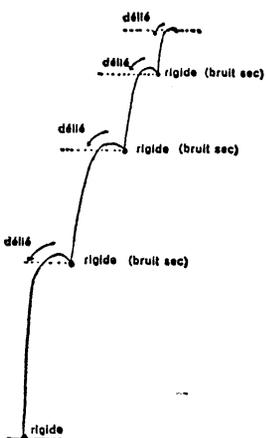
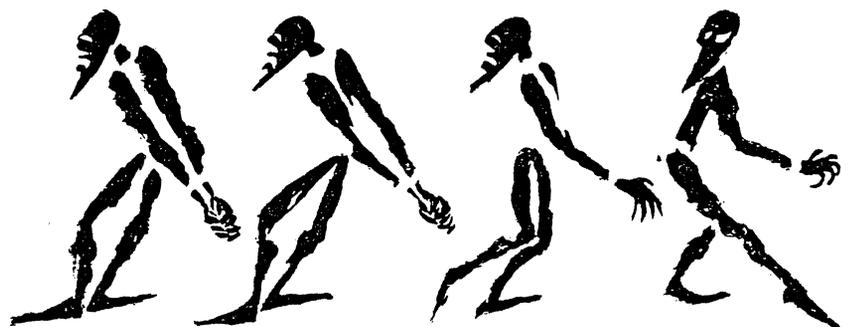


Fig. 57



I.2.2. AVEC LA CAMERA

Les observations et expériences du physicien Joseph Plateau sur la persistance rétinienne (phénakistiscope 1832) et l'invention de la chronophotographie (1890) par le physiologiste Marey ont permis une représentation dynamique du mouvement à partir d'images fixes.

Il s'agit "d'une représentation réalisée du mouvement" (Martin 80) par opposition à une représentation statique.

Par le procédé cinématographique, l'objet mobile est représenté dans un de ses mouvements; celui-ci est décrit par une suite d'états visibles, ou images, fixes; cette suite défile à vitesse constante devant l'oeil d'un spectateur. On a créé un nouvel objet en mouvement.

Ainsi, des divers modes de représentation d'objets mobiles, le cinéma choisit celui qui prend un mouvement particulier de l'objet mobile comme signe de celui-ci, représente ce mouvement par une suite d'états successifs, puis réalise un nouvel objet en mouvement par la mise en succession temporelle de cette suite (Figure I.2).

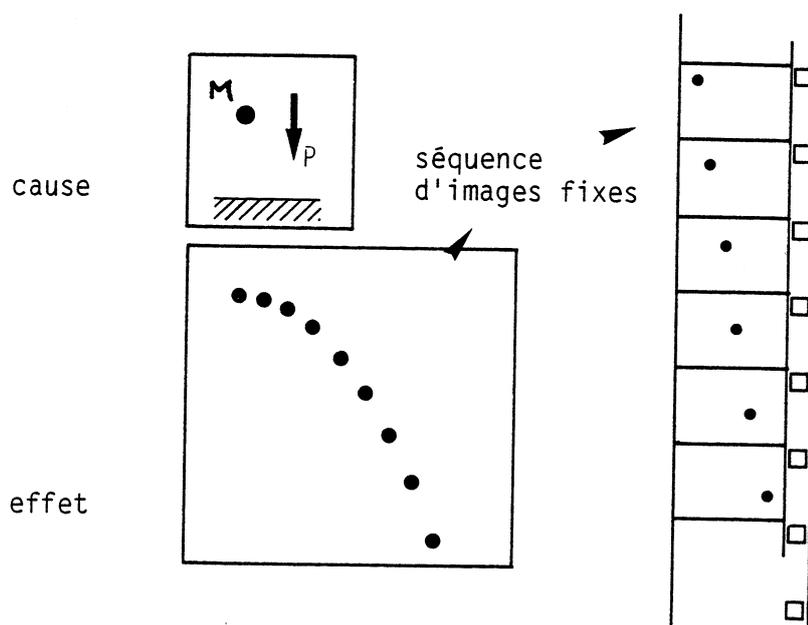


Figure I.2 - Représentation cinématographique de corps mobiles

I.2.3. ET AVEC L'ORDINATEUR ?

Les utilisations les plus significatives de l'ordinateur pour représenter des corps mobiles tentent de généraliser le mode de représentation cinématographique. On dispose en effet avec cet outil, de l'assurance que tout mouvement analysable peut être décrit et en conséquence, traité, puis restitué.

Elles portent :

- * soit sur la recherche de grammaires de mouvements : on tentera alors de définir des mouvements élémentaires et des règles de composition; on cherchera une écriture du mouvement.

- * soit sur la recherche d'un mode de dialogue avec l'ordinateur qui permette à l'animateur de définir directement des lois de mouvement; on définira alors des outils interactifs pour décrire les états des objets ou des fonctions d'évolution temporelle de certains attributs des objets.

Nous analyserons plus loin ces démarches.

Qu'il s'agisse de la représentation statique du corps mobile, comme dans les arts plastiques, ou de la représentation réalisée du mouvement, en tant que signe d'une mobilité, comme dans le cinéma et les procédés informatiques qui le prolongent, l'intérêt pour la création est indéniable. Chaque système de représentation a son propre potentiel de création.

Mais avec l'ordinateur naît la possibilité de représenter des objets mobiles par des objets mobiles, c'est à dire :

- * de s'intéresser non plus seulement à une conséquence particulière de la mobilité, un mouvement, mais à la classe de mouvements qu'est l'objet mobile,

- * de donner pour chacune de ses manifestations , une réalisation dynamique.

- * d'appliquer sur cet objet des conduites non seulement mentales mais également motrices.

On franchit ainsi un nouveau degré dans la fonction de représentation. On tend vers une "représentation totale" où l'on a le pouvoir de "manipuler" un substitut comme s'il s'agissait de l'objet qu'il représente.

En corollaire, ce qui est nouveau, ce n'est pas seulement de pouvoir produire des images inédites, mais de pouvoir "mettre en scène", "jouer" des situations impossibles dans le monde naturel (Figure I.3).

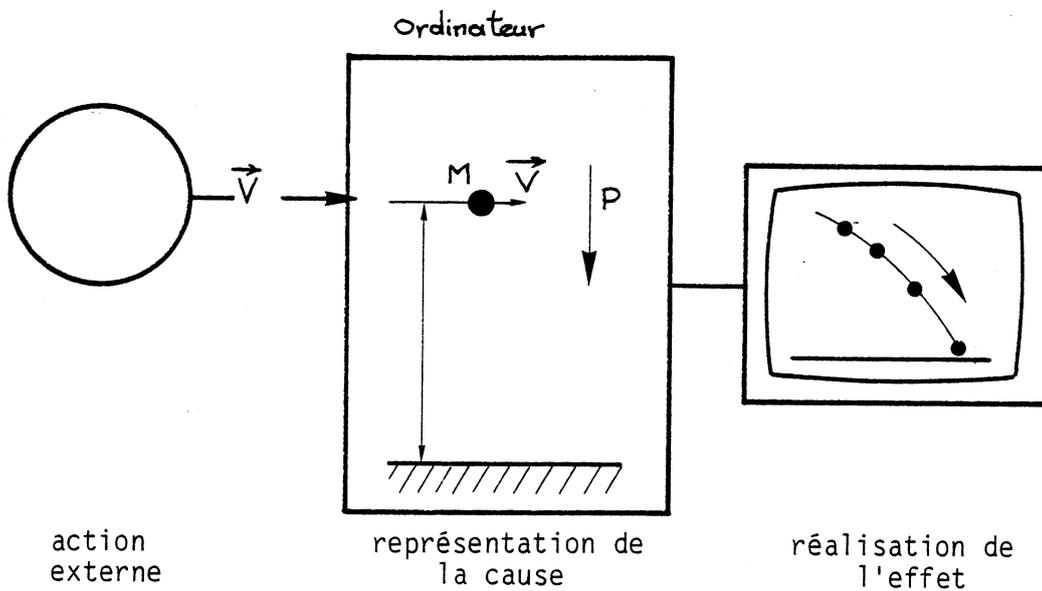


Figure I.3 - La représentation du mouvement avec l'ordinateur

I.3. L'ANIMATION ET SES OUTILS

I.3.1. QUELQUES REGLES-GUIDES POUR L'ANIMATEUR

Les lois du mouvement

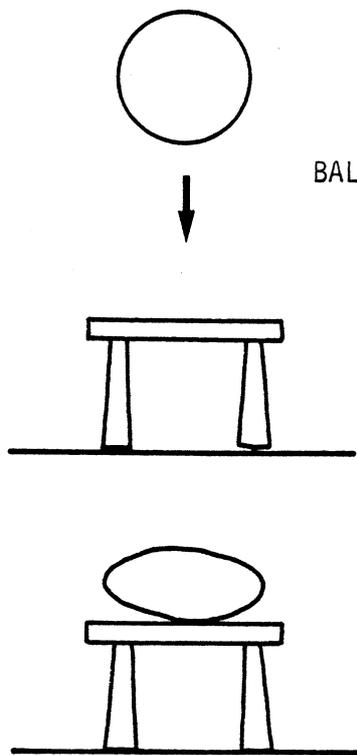
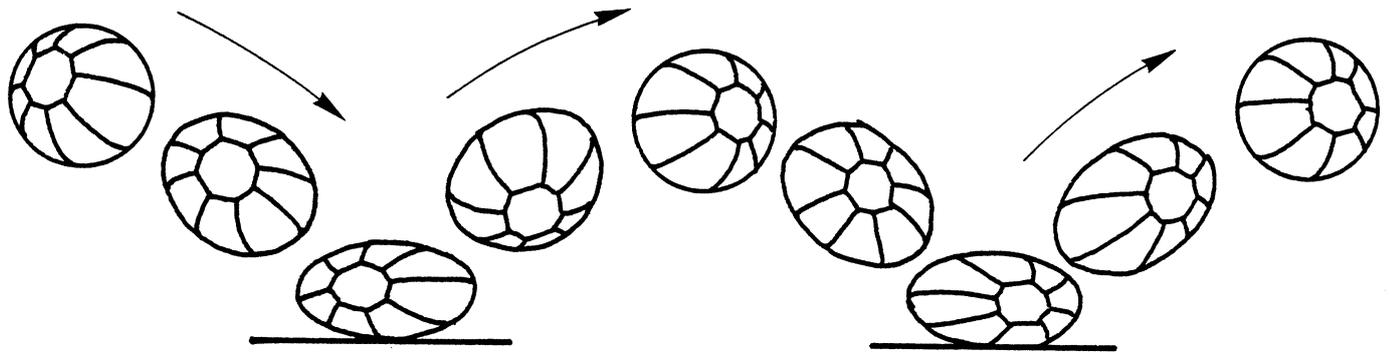
- Loi 1 : Un point matériel persiste dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si (et seulement si) la somme des forces agissant sur lui est nulle.
- Loi 2 : La variation de la quantité de mouvement d'un point matériel est égale à la résultante des forces qui agissent sur lui.
- Loi 3 : A toute action exercée par un point A sur un point B correspond une force de réaction exercée par le point B sur le point A, qui est opposée à la première, quels que soient les mouvements de A et de B.

L'animation a élaboré empiriquement quelques principes.
Voici ceux qui nous semblent les plus importants :

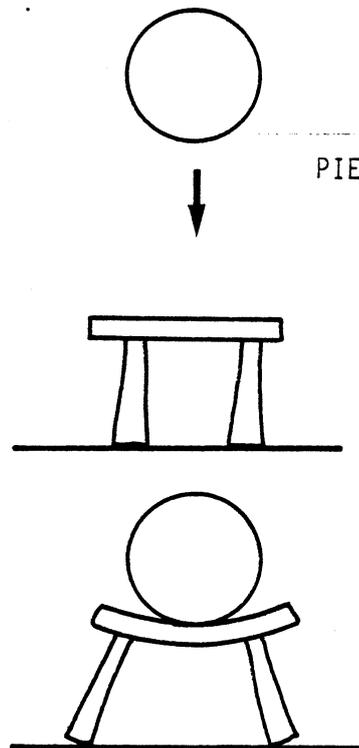
1. L'animateur n'ignore pas les lois du réel, il les dévoile.

La figure I.4, extraite d'un ouvrage de formation à l'animation (ENGLER 83), montre comment l'animateur cherche à évoquer le plus explicitement possible des objets et des actions. Il exagère les déformations et les déplacements mais il maintient entre ces 2 composantes du mouvement une relation analogue à celle produite par des corps réels : Ainsi, les déplacements et les déformations d'un ballon élastique sont corrélés et le corps le moins rigide se déforme davantage.

En fait, bien en amont de l'expérience cinématographique, l'animateur développe une connaissance des phénomènes dynamiques par l'observation et l'expérimentation des objets de l'univers physique : la démarche dissymétrique de tel individu, le vol rythmé d'un oiseau, la course d'un animal, la chute et la déformation d'un corps. Il a, il cherche à avoir, un sens aiguisé du comportement dynamique des corps mobiles.



BALLON



PIERRE

Figure I.4 - L'animation et les lois du réel

2. Il doit apprendre à déceler dans l'objet les attributs qui sont la cause essentielle du mouvement. Il dépouille l'objet pour découvrir la structure et le comportement du squelette responsable du mouvement.

Dans la figure I.5, extraite également de l'ouvrage de R. ENGLER, il apparaît que le mouvement du sauteur peut être approché par celui d'une ligne déformable soumise à des actions d'extension et de contraction.

L'animateur cherche un modèle de l'objet, simple mais suffisant pour approcher de manière efficace le comportement voulu. Ce modèle est lui même un objet sur lequel agissent des forces. Souvent un mouvement sera qualifié de réussi lorsqu'il exprime clairement la compréhension que l'animateur a du comportement de l'objet et des forces qui l'animent.

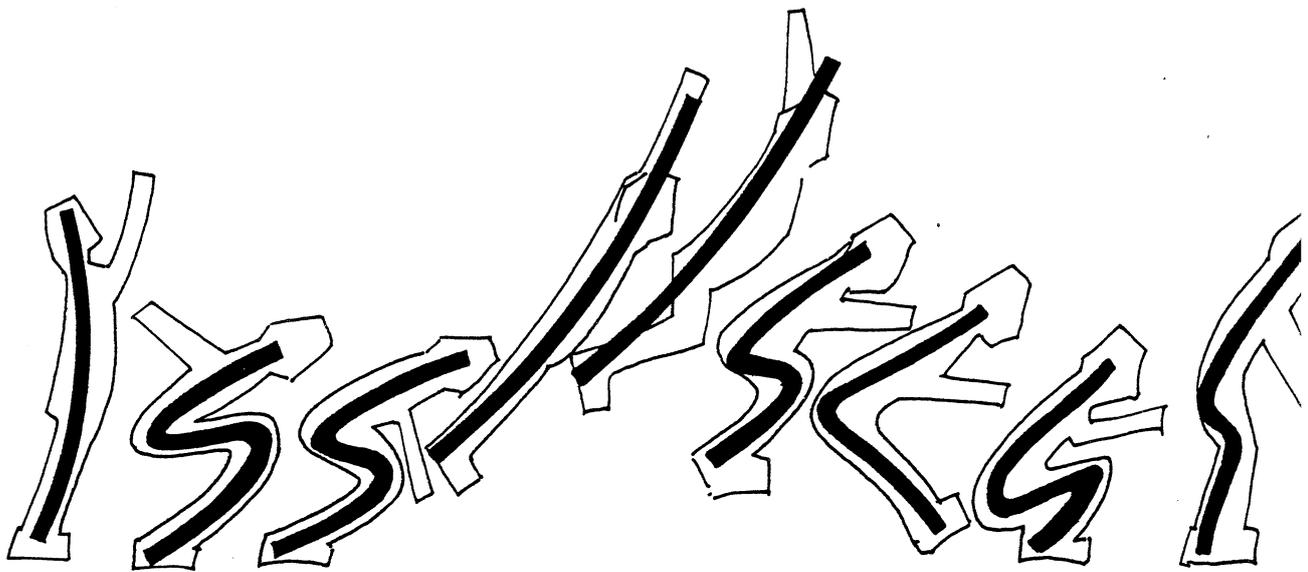


Figure I.5 - Le squelette support du mouvement

3. Mais il n'est pas un physicien car il ne se contente pas d'observer. Il se réserve le droit d'agir sur ces corps mobiles : il est acteur. (Figure I.6).

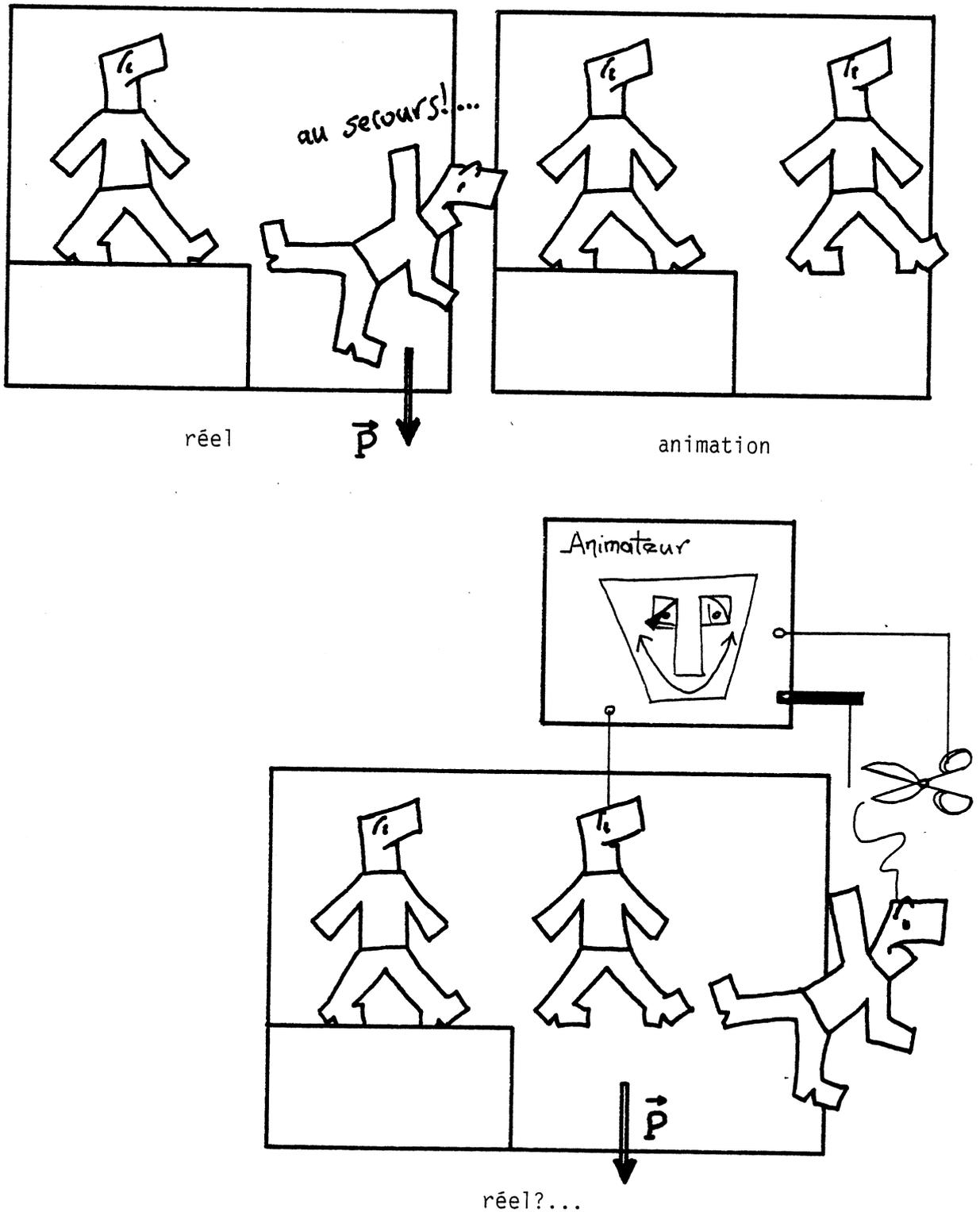


Figure I.6 - Intervention de l'animateur dans l'espace de représentation

I.3.2. DANS L'ANIMATION CINÉMATOGRAPHIQUE

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons développé la thèse que l'art de l'animation se fonde :

- * sur une représentation des objets mobiles, qu'ils aient ou non leur analogue dans l'univers réel,
- * sur leur mise en mouvement à partir d'une action humaine.

Dans l'objectif d'isoler les fonctions d'un outil de création qui permettrait d'atteindre ces objectifs, nous nous proposons, dans un premier temps, d'analyser comment ils se réalisent dans l'animation cinématographique.

Les catégories de l'animation traditionnelle sont le plus souvent déterminées par les catégories plastiques qui génèrent les objets qui se trouvent devant la caméra au moment de la prise de vue : on parle de "dessins sur cellulo", de "marionnettes", de "dessins sur pellicule"...Il s'agit d'une liste énumérative structurée en fonction des matériaux-supports (Martin 80).

Pour satisfaire notre propos, une autre analyse est nécessaire. Nous devons considérer que la caméra ainsi que les objets que nous plaçons devant elle et qui proviennent d'activités plastiques diverses, définissent globalement un outil de représentation et ce que nous devons étudier, c'est le rapport entre cet outil et l'animateur.

Selon cet axe d'analyse, les techniques cinématographiques d'animation se groupent en 2 classes que nous appellerons :

- * "animation par manipulation".
- * "animation par composition",

I.3.2.1. L'animation par manipulation

Entrent dans cette catégorie toutes les techniques qui produisent la séquence cinématographique par manipulation d'un objet quelconque pendant la prise de vue (Figure I.7).

Ces objets peuvent être :

- * des objets tridimensionnels tels que une marionnette ou la caméra,
- * des objets plans tels que ceux utilisés dans la technique du "papier découpé",
- * des matériaux déformables comme des plastiques à modeler ou des sables colorés,
- * des objets qui ont un mouvement propre tels que des automates, des phénomènes naturels ou des êtres vivants.

Notons qu'il peut s'agir soit de la manipulation d'objets qui se trouvent devant la caméra ou de la caméra elle-même.



Figure I.7 - Animation par manipulation

I.3.2.1.1. L'objet inerte et la manipulation

L'animateur "fabrique" un objet inerte, c'est à dire un objet dont il donnera manuellement chacune des positions et configurations pour chaque instant-caméra. Il représente donc l'objet mobile par un objet inerte; sa

première intervention consiste à dépouiller l'objet mobile (un oiseau, une pierre capable de tomber) de ses moteurs et de son inertie : la marionnette, par exemple, est une représentation inerte d'un personnage. Puis, devant la caméra, il manipule cet objet : il se substitue aux causes du mouvement de l'objet de référence. L'animateur "habite" ses objets.

Selon une expression appréciée des animateurs:

Il "ôte leur moteur aux objets pour se glisser à l'intérieur".

I.3.2.1.2. Intérêts de cette technique

Cette situation de "jeu", où s'implique le corps, qui consiste à appliquer des conduites motrices à un substitut, est symboliquement très riche.

Que s'y passe-t-il?

* Expressivité due à la manipulation

Dans la manipulation d'un objet, l'animateur est en relation sensori-motrice étroite avec l'objet : il agit sur l'objet et simultanément le perçoit, par la vue, par le toucher, par ses muscles. Bien que les attributs mécaniques de l'objet, tels que la raideur d'une articulation, la résistance au déplacement, n'interviennent pas directement dans le mouvement, ils sont cependant un guide précieux pour le contrôle de ce mouvement par l'animateur : ainsi, sentir la raideur de l'articulation, la résistance au déplacement, le frottement sur le sol, aide l'animateur dans la conduite de son geste.

Il est connu que, dans l'animation d'objets, des novices de l'animation apprennent assez rapidement à contrôler des dynamiques relatives, des phrasés et des rythmes.

* rôle heuristique de l'objet

L'objet-substitut, telle qu'une marionnette par exemple, par la composition morphologique et mécanique que l'animateur lui a donné lors de sa fabrication, propose au manipulateur des enchainements de configurations qui lui sont propres et stimule la recherche d'articulations temporelles non prévues.

I.3.2.1.3. Contraintes imposées par cette technique

* La caméra impose de créer le mouvement "image par image". De ce fait, la manipulation s'exécute par saccades. Il y a une relation complexe entre le geste qui est réellement produit par l'animateur, et le geste qui produit le mouvement vu. Ainsi, l'animateur agit continuellement en tenant compte de la structure de l'objet, mais il doit aboutir à l'articulation correcte d'une suite d'états. Il faut donc qu'il contrôle d'une part des gestes effectués pour atteindre des "cibles", d'autre part l'enchaînement temporel de ces cibles. La mémorisation - et par conséquent, la synthèse - cinématographique du mouvement, est une entrave importante à la libre expression dynamique. C'est dans cette contrainte que réside la principale difficulté de ce type de technique (Figure I.8).

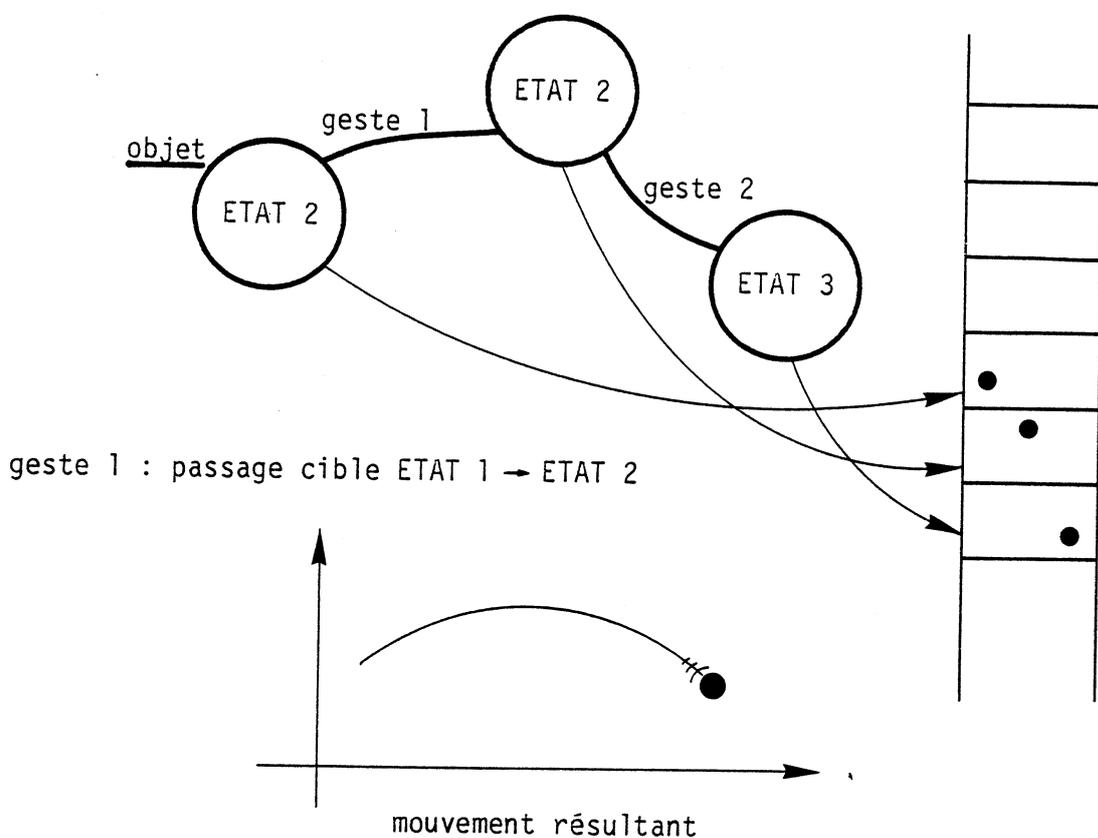


Figure I.8 - Le geste de l'animateur et le mouvement réalisé

* L'animateur ne dispose d'aucune autre mémorisation objective que la séquence cinématographique une fois réalisée. L'erreur est interdite et par voie de conséquence, l'élan exploratoire limité.

* L'objet est matériellement figé. S'il est "facile" d'animer un objet, il reste difficile de le construire conformément à des exigences préformulées ainsi que de le modifier. Dans l'animation d'objets, l'animateur qui ne dispose pas d'ateliers et de maquettistes, est souvent contraint à n'utiliser que des objets bruts du monde naturel. La fonction d'évocation passe alors presque exclusivement dans leur mise en mouvement.

I.3.2.2. L'animation par composition

Entrent dans cette catégorie, le "dessin animé" et ses variantes.

On peut dire que l'objet de référence est là aussi rendu inerte par l'animateur puisqu'il le représente par un dessin. L'animateur analyse l'objet-en-mouvement et le re-compose par assemblage de dessins qui représentent l'état de l'objet à différents instants.

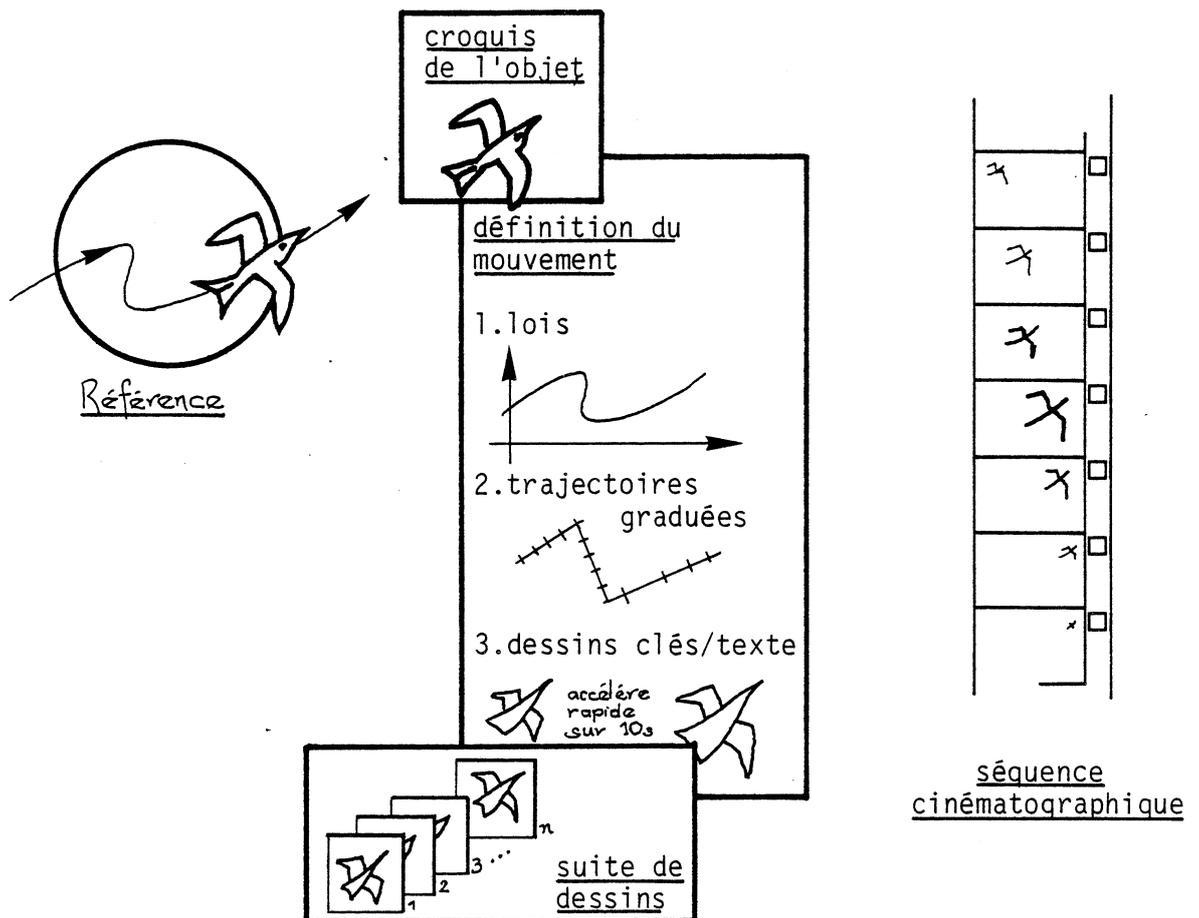


Figure I.9 - L'animation par composition : cas du dessin animé

Ces dessins sont obtenus de diverses manières :

* Soit on effectue une analyse de l'objet-en-mouvement en termes d'états, puis on transcrit ceux-ci directement en dessins;

* Soit on effectue une analyse de l'objet-en-mouvement en termes d'évolutions d'éléments de cet objet dans le temps dont on donne une transcription graphique ou verbale. Il peut s'agir de trajectoires graduées en temps, de fonctions d'évolution d'un paramètre, d'indications écrites du type de mouvement (accéléré rapide, arrêt stable...etc). A partir de cette transcription, l'animateur lui-même ou une autre personne (assistant, intervaliste...) généreront tous les dessins.

Ces dessins sont ensuite assemblés par la caméra pour constituer une liste d'images qui se succéderont temporellement lors du défilement du film (Figure I.9).

I.3.2.2.1. L'objet inerte et l'écriture du mouvement

Dans la situation ainsi décrite, il n'y a pas de "jeu". L'animateur "n'habite" pas les objets qu'il manipule; il compose, c'est à dire analyse et assemble. Il y a une écriture de la séquence dynamique avant sa réalisation sous sa forme définitive. L'action sur l'univers de représentation se médiatise entièrement dans une écriture, celle-ci allant jusqu'à permettre la production automatique de la séquence par la caméra.

Cela signifie que cette séquence doit être totalement pré-conçue, pré-élaborée; l'effet à obtenir doit être entièrement et correctement énoncé, avant sa réalisation.

Remarque : dans le cas du peintre, du sculpteur ou de l'animateur "qui anime par manipulation", la seule écriture de l'oeuvre est l'oeuvre elle-même sous sa forme finale.

I.3.2.2.2. Intérêts et contraintes de cette technique:

Son pouvoir de création découle des propriétés de l'écriture, et, évidemment, de leur maîtrise par l'animateur :

* Il existe plusieurs traces objectives du travail de l'animateur :

- l'ensemble des dessins numérotés, qui constitue la partition exécutable de la séquence.

- la description graphique et textuelle à partir de laquelle est produite cette partition.
- le film lui-même.

Il peut donc y avoir :

- avant l'obtention de la séquence dynamique, une mise en relation entre instants différents (comparaison des instants i et j par comparaison des dessins D_i et D_j),
- après l'obtention de la séquence dynamique, une comparaison entre les différents types de représentation : les dessins, leur enchaînement (numérotation), le film (réalisation dynamique particulière).

L'existence de ces traces est particulièrement importante, aussi bien pour les corrections que pour l'apprentissage.

* on dispose du grand pouvoir de représentation et de symbolisation de l'art graphique.

Mais :

* il s'agit de représentations a-temporelles de l'objet en mouvement. L'animateur ne fait pas directement l'expérience du temps. Sa connaissance découle essentiellement d'une confrontation à postériori, du film (représentation temporelle) et des autres représentations (a-temporelles).

* Il est privé de la stimulation du jeu réel sur l'objet représentant. La découverte d'associations dynamiques nouvelles, la création de significations, reposent essentiellement sur les propriétés du système d'écriture et de représentation graphique.

Il s'agit là des deux difficultés essentielles inhérentes à cette technique.

I.3.2.2.3. Pour contourner ces obstacles majeurs :

Avant l'écriture, l'animateur développe souvent une activité préalable, implicite, dont on parle peu car on la considère comme relevant de son "expérience privée".

Pour connaître, comprendre, et formaliser un mouvement, il fait souvent appel au mime. Il joue corporellement sa séquence, mimant l'objet en mouvement par le geste ou la voix; autant de fois et d'autant de manières qu'il lui sera nécessaire pour l'analyser et l'assimiler.

En effet, ce jeu lui sert à élaborer la transcription du mouvement "image par image", mais aussi à se constituer une représentation mentale des objets en mouvement.

Il tiendra une place plus ou moins importante selon que l'animateur est apprenti ou expert : l'apprenti peut avoir besoin de mimer en tenant un objet réel dans sa main, objet qui sera sensé représenter celui dont il cherche le mouvement; cet objet peut, par la suite, être supprimé et remplacé par un objet imaginé; enfin, l'animateur très expérimenté pourra souvent concevoir mentalement sa séquence, sans recours à un jeu réel.

I.3.2.3. Conclusion - les difficultés de l'animation cinématographique

Nous avons mis en évidence 3 limitations importantes de l'animation cinématographique :

1. La caméra impose de travailler sur des objets inertes sur lesquels viendront s'appliquer des mouvements. La représentation d'un objet mobile par un objet inerte implique la suppression des attributs de l'objet susceptibles de déterminer un mouvement (résistance au déplacement, matière de l'objet, moteurs...).

2. Le mouvement se crée soit par une manipulation qui implique corporellement l'animateur, soit par composition.

Dans le premier cas, le jeu s'applique sur un objet réel, plus généralement une maquette, qu'il faut concevoir et réaliser et qu'il est difficile de modifier. Dans le deuxième cas, l'apprentissage qui se fonde sur une comparaison entre une écriture a-temporelle et une réalisation image par image est nécessairement plus long et l'exploration dynamique plus limitée.

3. La caméra impose une transcription de l'objet en mouvement au 1/25ième de seconde, parcelle de temps arbitraire pour la perception et le jeu. Cette caractéristique est une entrave pour le jeu dans le premier mode d'animation, une difficulté pour l'écriture dans le second mode.

I.3.3. L'ANIMATION PAR ORDINATEUR - LES PRINCIPAUX POINTS DE VUE

Après une première phase exploratoire (Figure I.10), de 1963 à 1970, durant laquelle les systèmes produisant des images animées se présentent comme un ensemble de possibilités sans organisation spécifique, le rôle de l'ordinateur se précise et oriente la conception des systèmes.

Cependant, l'animation par ordinateur se définit pour l'essentiel, en continuité avec la production cinématographique du mouvement :

* Tout d'abord, l'automatisation de certaines phases dans la fabrication de la série de dessins, comme la génération automatique de dessins par interpolation entre dessins-clés (BURTNIK- WEIN 71, KITCHING 73, CATMULL 79) vise explicitement une diminution des coûts de production, sans cependant se détacher de la conception "image par image" du mouvement.

* L'ordinateur a permis ensuite d'élargir le champ de représentation en passant des dessins à des dessins structurés (MARTINEZ 77) ainsi qu'à des objets et des scènes tridimensionnels (CSURI 75/79). Il s'agit toujours, cependant, d'objets inertes.

* Enfin, il apparaît comme l'outil privilégié pour le stockage, les utilisations ultérieures et le traitement des mouvements déjà réalisés (MARTINEZ 77, CSURI 75).

Les premiers films d'animation par ordinateur

- * Two-gyro gravity-gradient attitude control system - E.E.Zajac - 1963 - Bell Labs - Film à destination pédagogique qui représente le mouvement d'un satellite,
- * Force, Mass and Motion - F.W. Sinden - 1967 - Bell Labs - Film à destination pédagogique qui simule les lois de la mécanique de Newton,
- * Hypercubes - A.M. Noll - 1965
- * A pair of paradoxes - R.N. Shepard et E.E. Zajac - Film d'étude sur la perception - une balle rebondit sur l'escalier paradoxal de Penrose et le son paradoxal de Shepard monte ,
- * Man and his World - K. Knowlton et S. Vanderbeek - 1967.

Les premiers systèmes de synthèse

- * BEFLIX - Ken Knowlton - 1964 - langage de manipulation d'images bi-dimensionnelles,
- * CAESAR - Honey - 1971 - système qui permet la décomposition des dessins en sections que l'on contrôle indépendamment. L'animateur construit les dessins clés par agencements de ces sections. Les dessins intermédiaires sont calculés automatiquement. Les dessins ou sous dessins peuvent se manipuler analogiquement par un synthétiseur vidéo,
- * EXPLOR - Ken Knowlton - 1970 - acronyme de Explicitly Provided 2D Pattern, Local Neighborhood Operations and Randomness - langage de manipulation d'images bi-dimensionnelles, qui dispose également de diverses fonctions de calcul, de simulation et de sorties graphiques,
- * SCANIMATE - Honey - 1971 - système analogique où le calculateur contrôle des effets spéciaux sur des images précédemment enregistrées - Réalisation de films tels que "2001, l'Odyssée de l'espace" et "Yellow Submarine".

Figure I.10 - Les premiers films et systèmes d'animation par ordinateur

I.3.3.1. L'animation par dessins clés

Parmi les techniques d'animation par ordinateur, une des plus répandues prend comme technique cinématographique de référence l'animation de dessins par dessins-clés.

Dans les studios de production industrielle de dessins animés, la production d'une séquence fait l'objet d'une décomposition très poussée des tâches : un animateur donne les grandes lignes de la séquence; il dessine pour cela l'état des objets à des instants dits clés, et fournit ces dessins clés avec un certain nombre d'autres documents (remarques, abaqués, indications diverses...) à un assistant-animateur qui est chargé de produire, à partir de ces données, la série de dessins (Figure I.11).

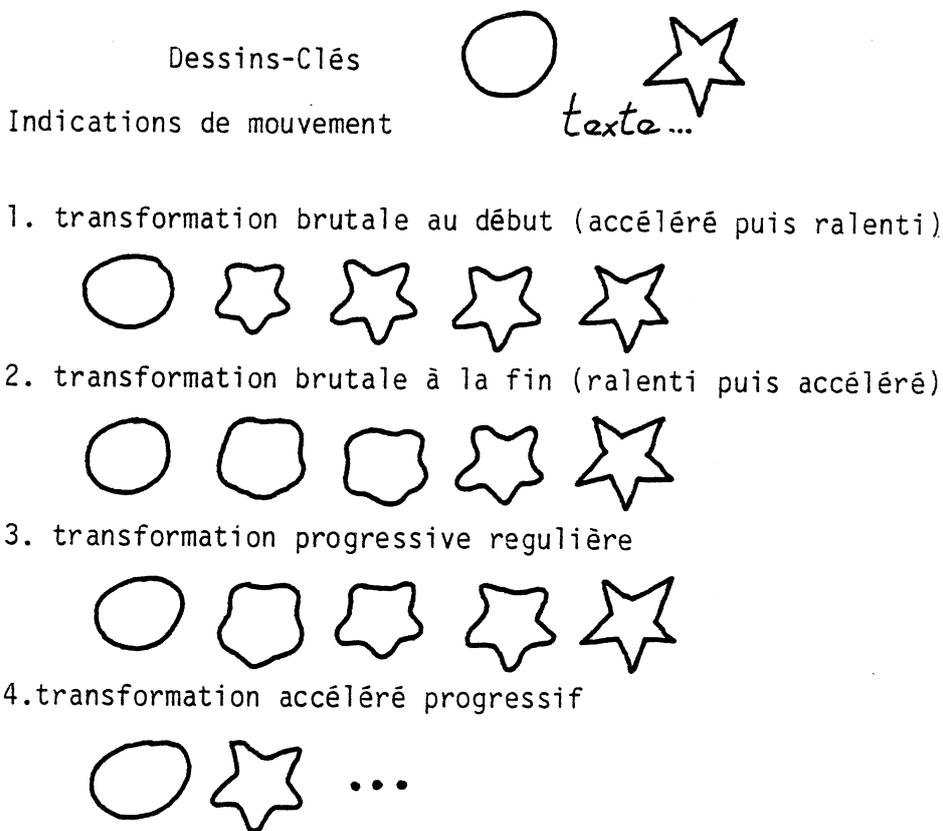
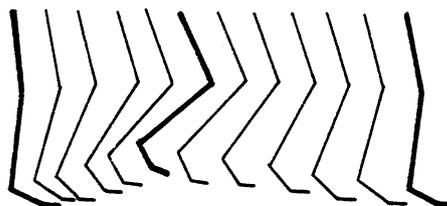


Figure I.11 - L'animation cinématographique par dessins-clés

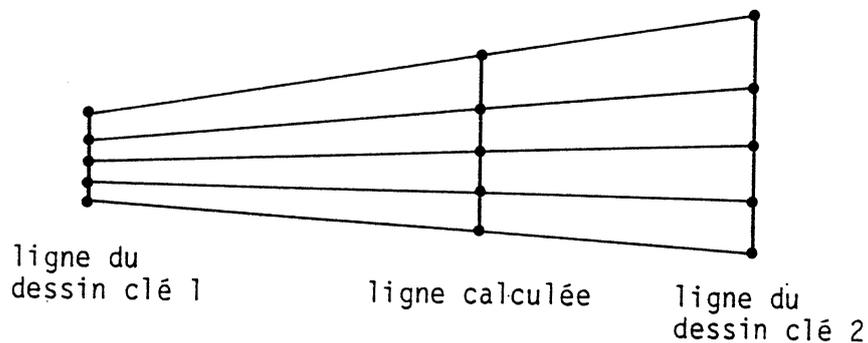
L'informatisation d'une telle approche vise essentiellement la réduction des coûts, en tentant d'automatiser la production des dessins intermédiaires entre 2 dessins-clés. BURTIK et WEIN ont introduit cette

technique en 1971 (Figure I.12) et elle est aujourd'hui largement répandue (HONEY 71, KITCHING 73/77, COUPIGNY 79, CATMULL 78, KALLIS 71, HUNTER 77, LEVITAN 77).

1. Interpolation sur un squelette (Burtnik et Wein 76)



2. Technique d'interpolation linéaire



3. Autres exemples d'interpolation entre dessins clés

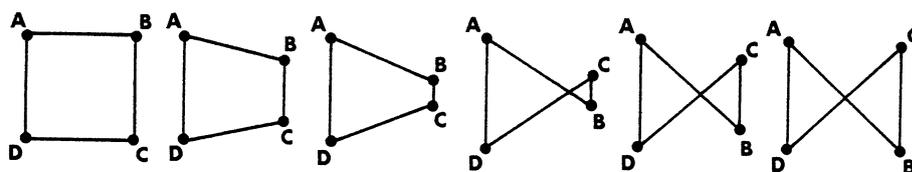


Figure III.12 - L'animation informatique par dessins clés

Deux remarques importantes s'imposent :

1. Le choix de ce type d'animation comme modèle est considérablement réducteur.

Ce choix est suscité :

* par des raisons économiques. Cette technique se prête bien à une séparation poussée des tâches dans un studio d'animation cinématographique.

* par des tendances culturelles. Ce type d'animation plonge ses racines dans l'illustration. Il est un prolongement de la bande dessinée et du cartoon. Il a pour support et pour débouché, l'industrie, non de l'art, mais du loisir, domaine qui est historiquement l'apanage de la culture américaine (Martin 80).

2. Le terme "dessins-clés" n'a, en fait, pas la même signification en animation cinématographique et en animation par ordinateur.

Dans l'animation cinématographique, ce sont les dessins suffisants pour que, complétés par des commentaires verbaux ou écrits, le type de mouvement voulu soit compris par un autre animateur. Dans l'animation par ordinateur, ce sont des dessins suffisants pour que le mouvement puisse être obtenu en appliquant entre ces dessins un automatisme, c'est à dire un procédé unique. Si le procédé n'est pas unique, s'il n'y a pas automatisme, le but de réduction des coûts n'est évidemment pas atteint. Dans le premier cas, il y a interprétation et dialogue entre des personnes de même métier.

Dans le second cas, il est supposé que tout mouvement peut être analysé en instants entre lesquels il se répète identiquement à lui-même et se décrit par une fonction unique ou un nombre limité de fonctions.

Nombreux sont les animateurs qui prétendent que l'animation n'est pas automatisable. Il est effectivement impossible de décrire tout mouvement en ces termes sauf à augmenter tellement le nombre de dessins clés que le procédé en devienne caduque. Cette méthode d'analyse et de création de mouvement manque donc de généralité.

I.3.3.2. Grammaires de mouvements

Bien plus intéressant, à notre avis, est le courant qui, admettant cette décomposition en objet inerte et mouvement, considère l'ordinateur comme un outil privilégié de composition et d'écriture du mouvement.

Martinez avait amorcé cette problématique en 1977 dans le système SAFRAN en introduisant la notion de fonction d'évolution (Figure I.13). Le mouvement d'un objet se décrit par un ensemble de fonctions indépendantes donnant l'évolution d'un attribut, morphologique ou visuel, d'un objet au cours du temps. Cela suppose, d'une part qu'il soit possible de décomposer l'objet-en-mouvement en attributs ayant des mouvements indépendants, d'autre part que l'on dispose d'un outil de description de ces mouvements. Ces mouvements sont décrits soit par des fonctions mathématiques, soit manuellement en dessinant une fonction sur une tablette à digitaliser. Il faut noter à ce propos que, bien que qualifié de naturel, le geste qui consiste à dessiner une courbe sur une tablette graphique, n'en n'est pas moins arbitraire par rapport à ce qu'il représente, c'est à dire l'évolution temporelle d'un attribut de l'objet.

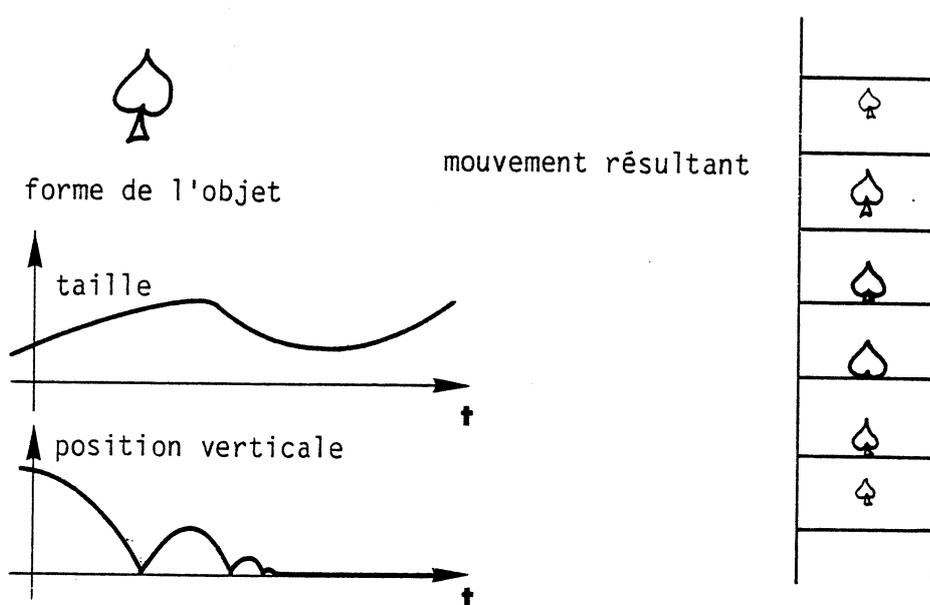


Figure I.13 - Fonctions d'évolution

Un point de vue de même nature est adopté par l'équipe graphique de l'Ohio State University. La démarche adoptée est peut-être moins générale que celle contenue dans la notion de fonction d'évolution mais elle se veut plus adaptée à l'animation.

Les fonctions de mouvements élémentaires ne sont ni quelconques ni arbitraires, comme elles le sont lorsqu'elles dérivent d'un processus autonome qui a ses lois propres, tel que le langage de geste graphique

chez Martinez. Une analyse préalable est faite pour choisir les types d'évolution temporelle qui sont porteurs d'expressivité. On remarque alors que c'est par l'observation de phénomènes naturels que l'animateur acquiert sa connaissance du mouvement, connaissance qui lui permet de déduire un ensemble de règles de production. Dans cette analyse, les mouvements analogues à ceux qui satisfont les lois de la mécanique newtonnienne sont privilégiés. Il s'agit alors, d'une part d'analyser ces mouvements, d'autre part de les décrire et de les agencer, enfin de définir l'intervention de l'animateur (SCHWEPPE 84).

Les mouvements choisis sont des mouvements naturels qui sont décrits par des fonctions $F(\text{temps})$ obtenues soit par calcul lorsqu'il s'agit d'un mouvement élémentaire (oscillation, chute, mouvement uniforme...) soit par entrée de données (mouvement du corps humain, d'un danseur...) lorsqu'il s'agit d'un mouvement complexe. Ces fonctions sont applicables à tout ou partie d'un objet, compte tenu des contraintes que ce dernier impose (close kinematic chain de la robotique pour le cas d'objets articulés par exemple). L'objet final en mouvement s'obtient par activation de toutes ces fonctions (Figure I.14).



Le mouvement de FRANK the Elf se décompose :

1. en une trajectoire parabolique calculée à partir de celle d'une masse ponctuelle,
2. en une oscillation déduite de celle produite par un élément élastique, paramétrée par un facteur d'exagération,
3. en une combinaison de ces mouvements, avec ajout du mouvement des yeux et des oreilles.

Figure I.14 - FRANK the Elf (Extrait de SCHWEPPE 84)

Des paramètres sont laissés accessibles à l'animateur :

- * paramètres permettant d'associer un mouvement (ou timing) à une trajectoire,
- * paramètres permettant d'associer un mouvement à une partie d'objet,
- * paramètres de contrôle d'un mouvement déjà défini. Dans ce cas, le contrôle consiste en une modulation de certaines caractéristiques du mouvement. L'idée part de la constatation que l'intervention de l'animateur consiste à exagérer certains caractères d'un mouvement connu (coefficients d'exagération sur l'accélération ou la décélération, sur les points de repos...).

I.3.3.3 Autres démarches

Connaissant bien le domaine de l'animation cinématographique, G. Comparetti (COMPARETTI 84) propose des outils informatiques pour la production industrielle de dessins animés. Ses efforts portent essentiellement sur la description des objets sur lesquels vont s'appliquer des mouvements. Il effectue ainsi une étude détaillée de la décomposition et de la structuration des objets en éléments animables.

Chaque élément animable est repéré par 2 points, ce qui permet de lui appliquer des déplacements et des déformations.

La scène - éléments animés, cadre, décors - est spatialement structurée. La séquence dynamique - animation de tous les éléments - est structurée temporellement.

Ces 2 structures constituent une base de données, dont les éléments sont

- * "les modèles" ou structures des objets animables,
- * "les librairies de formes" contenant les formes-clés de chaque élément animable,
- * "les pilotes" qui contrôlent la relation entre structure spatiale et structure temporelle.

Ce type d'animation s'inspire de la technique cinématographique du "papier découpé".

I.4. LES FONCTIONS DE L'OUTIL DE CREATION INFORMATIQUE D'IMAGES ANIMEES

Nous définirons, à partir d'une synthèse des différentes idées exposées précédemment, ce qui nous semble être l'apport de l'ordinateur dans le domaine de l'animation et nous en déduirons les fonctions d'un outil de création informatique d'images animées.

I.4.1. L'ORDINATEUR, OUTIL DE CREATION

L'ordinateur, considéré dans sa fonction de représentation, doit être analysé non seulement comme outil de production mais de création. Nous entendons par là qu'il a un rôle à jouer dès la genèse de l'idée.

Il doit pour cela se présenter comme "un outil à fabriquer des substituts", sur lesquels doivent pouvoir s'appliquer divers types de conduites :

* conduites sensori-motrices : nous avons vu leur importance dans l'élaboration de symboles et de significations nouvelles. Dans les techniques cinématographiques de l'animation, cet aspect, malgré les contraintes imposées par la mémorisation image par image, reste essentiel et subsiste à des degrés divers (jeu sur un objet dans l'animation par manipulation, jeu-mime dans le cas de l'animation par composition). Pour cela, nous introduirons la notion d'"**objet mobile manipulable**".

* conduites formelles : Pour cela, il faut pouvoir mémoriser, traiter, représenter sous différentes formes, en particulier a-temporelles, tous les objets de l'expérience, qu'il s'agisse de l'objet mobile manipulable, des actions de l'animateur, des séquences visuelles dynamiques produites. Ainsi, des activités qui, antérieurement, apparaissaient comme exclusives, - composition et manipulation - peuvent se rejoindre dans un même outil.

I.4.2. ACTIVITE DE CONCEPTION ET ACTIVITE DE MANIPULATION

Dans l'analyse comparative de l'animation par manipulation et de l'animation par composition, il est apparu que la création d'un objet en mouvement exige que le créateur puisse, à un moment de son expérience, "faire l'expérience du temps".

La définition conjointe de l'animateur comme acteur et du mouvement comme résultat d'une action sur un objet mobile nous amène à considérer que la situation privilégiée pour permettre cette expérience, est celle où l'animateur se trouve en relation de manipulation avec les objets à animer. Nous l'appellerons "**situation instrumentale**".

Ainsi, tout mouvement sera le résultat d'une action de manipulation - aussi simple soit-elle - sur un objet mobile manipulable - aussi complexe soit-il.

Et, si l'on prend comme référence temporelle, comme "temps-réel", celui de la séquence dynamique réellement produite, cette action de manipulation se déroule en temps réel.

L'activité de conception, par principe, n'exige pas le temps réel. Elle s'exerce de manière privilégiée :

- * en amont de l'activité de manipulation, pour concevoir et fabriquer des objets mobiles manipulables,
- * en aval, pour composer et traiter les différents résultats de l'expérience de manipulation : objets, actions, séquences visuelles dynamiques.

I.4.3. LA SITUATION INSTRUMENTALE

I.4.3.1. Relation sensori-motrice à l'objet

Dans cette situation, l'animateur est en relation sensorielle étroite avec l'objet qu'il manipule (Figure I.15).

Il y a simultanément :

* Action gestuelle : Nous agissons sur l'objet à l'aide de nos organes effecteurs (muscles, articulations...),

* Perceptions multisensorielles : Simultanément à cette action, nous percevons l'objet et ses modifications à l'aide de nos canaux sensoriels récepteurs, dont les plus importants pour l'animation sont la vue et les perceptions tactiles et kinesthésiques. Nous regroupons ces deux dernières sous le terme de perception gestuelle.

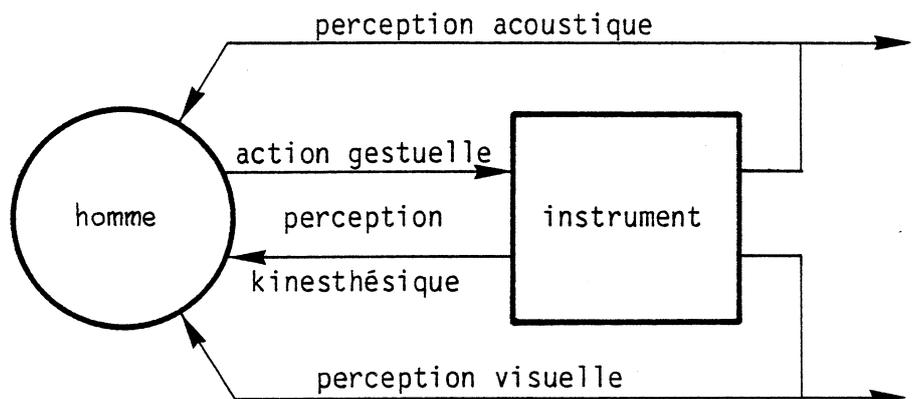


Figure I.15 - Relation sensori-motrice à l'objet

L'action gestuelle est la cause des déplacements et déformations de l'objet manipulé. La perception gestuelle nous renseigne sur certaines propriétés mécaniques de l'objet, à priori non visibles, et non identifiables lorsque l'objet est au repos. Cette perception est un guide pour l'action gestuelle.

La séquence dynamique visuelle produite ou image animée - est la trace de la relation entre l'animateur et son matériau ou objet manipulé.

I.4.3.2. L'O.M.M. - objet mobile manipulable

I.4.3.2.1. Qu'est-ce qu'un objet mobile manipulable?

Un objet mobile est un objet qui peut être mis en mouvement, un objet ayant la capacité de se mouvoir. Il définit une classe de mouvements. Un tel objet se déplace et se déforme lorsqu'il est soumis à des actions, actions en provenance d'autres objets ou en provenance de l'homme.

Un objet mobile manipulable est un objet qui peut être mis en mouvement, ou dont l'état cinétique peut changer, par action humaine.

Cette définition, triviale lorsqu'il s'agit d'objets du monde réel, est moins facile à cerner lorsqu'il s'agit d'un substitut, d'autant qu'aucun outil de représentation n'a, jusqu'à ce jour, permis sa mise en oeuvre de manière suffisamment générale.

Une marionnette est un objet mobile manipulable.

Une image n'est pas un objet mobile manipulable.

Il n'est pas possible de déplacer les objets d'une nature morte. C'est pourquoi l'animateur doit, en premier lieu se représenter cette action (mime, représentation mentale), puis en déduire des conséquences sur l'objet...dessiné.

Le jeu de l'enfant chez Wallon (cf paragraphe I.1.) consiste à manipuler réellement un objet réel, le morceau de papier. Celui-ci est un objet mobile manipulable.

Un substitut est manipulable si on peut lui appliquer des conduites sensori-motrices de même nature que celles que nous appliquons couramment sur la plupart des objets de notre environnement.

I.4.3.2.2. Comparaison à d'autres concepts

La notion d'objet mobile manipulable, telle que nous l'avons définie, n'existe, à notre connaissance, dans aucune autre conception de l'image ou de l'image animée par ordinateur.

Examinons celles qui nous tiennent lieu d'exemples et de terrain d'analyse.

1. Dans la première génération des systèmes d'animation par ordinateur, centrés sur les notions de dessins-clés et de processus automatique entre ceux-ci, le problème du contrôle de la dynamique par l'animateur n'est pas pris en compte par l'outil informatique : celui-ci travaille automatiquement à partir de dessins fournis par l'animateur.

2. Martinez oppose "phénomènes pouvant être décrits par des modèles mathématiques" et "dessin animé proprement dit". Selon lui, ce dernier met en oeuvre des lois non connues a priori, ou qui ne relèvent pas de la représentation mathématique.

Il n'y a opposition entre ces 2 propositions que si l'on entend par modèles mathématiques, des modèles qui échappent totalement au contrôle de l'animateur. Cette hypothèse conduit Martinez à développer un protocole de description entièrement manuel du mouvement : la fonction d'évolution temporelle est "dessinée" sur une tablette graphique.

Ce geste - dessiner une courbe - , que nous appellerons "geste graphique" est qualifié de "naturel". En temps que moyen d'émission dont dispose l'homme, au même titre que la voix, pour agir et communiquer, le geste, déplacement de la main ou du corps dans l'espace, peut être qualifié de naturel. Cependant, c'est sa relation à l'objet qui est ici à considérer, car s'il n'est question que du geste, pourquoi préférer le geste du dessinateur à celui de la frappe sur un clavier?.

Dans le cas du geste graphique utilisé pour décrire l'évolution d'attributs visuels ou morphologiques d'un objet, l'association entre commande et résultat est arbitraire. Il s'agit d'un langage dont les éléments sont des gestes - on pourrait parler de "langage de gestes - , et qui, de ce fait, a sa propre cohérence.

3. Dans les travaux développés à l'Ohio State University, contrôler l'animation, c'est d'abord "choisir". L'animateur choisit une loi qui va lui fournir un bon "timing".

Choisir suppose analyse et les travaux de l'OSU font largement référence à des mouvements existants : mouvements du corps humain; danseur, plongeur..., et à d'autres domaines de l'art du mouvement et pour lesquels on recherche une écriture (ex : recherche d'une écriture pour la chorégraphie).

L'animateur dispose ensuite de paramètres de modulation qui lui permettent d'ajuster l'effet (ex: facteur d'exagération d'une accélération).

L'objectif est de constituer des bibliothèques de mouvements expressifs. L'essence de la démarche consiste donc, à notre avis, à choisir par l'observation des mouvements déjà signifiants, à les analyser, les stocker, et les réaliser à la demande.

Dans ce point de vue, la fonction heuristique de l'outil n'est pas prise en compte.

I.4.3.2.3. Intérêts de la notion d'objet mobile manipulable

* Les notions d'objet mobile manipulable et d'action de manipulation transgressent la distinction entre objet inerte et mouvement, distinction nécessaire dans le contexte de la caméra.

* Les 2 propositions - lois non connues à priori ou modèles mathématiques - ne sont pas exclusives. Au contraire, elles se conjuguent. L'objet mobile manipulable sera représenté par des modèles mathématiques ou physiques et le résultat dynamique n'est pas préélaboré puisqu'il résulte d'un jeu avec l'objet. L'élaboration de mouvements signifiants non prédéfinis est possible.

* La relation gestuelle à l'objet n'est pas arbitraire. Elle procède du type de relations habituelles que l'homme entretient avec son environnement matériel.

I.4.3.3. Quels modèles pour l'objet mobile manipulable

Le choix des modèles pour l'objet mobile manipulable doit s'élaborer en fonction des 4 facteurs suivants :

- * l'univers de référence,
- * le degré de réalisme,
- * le degré de variété,
- * l'expérimentabilité.

I.4.3.3.1. L'univers de référence

Nous avons montré que les règles qu'a élaboré empiriquement l'animation cinématographique s'inspirent de lois connues, les lois de la mécanique newtonnienne. Les modèles à choisir pour décrire l'objet mobile manipulable seront également des modèles mécaniques.

Cela pour 2 raisons :

- * Pour être manipulable par un geste réel. Il doit se présenter mécaniquement au manipulateur : avoir une masse, une élasticité, opposer une résistance au déplacement ou à la déformation...
- * Pour assurer la continuité entre les pôles "évocation/création", l'univers de référence doit rester l'univers réel. L'ordinateur remplit alors la fonction d'outil de représentation de l'univers réel.

I.4.3.3.2. Réalisme

Rappelons-nous que l'animateur (cf paragraphe I.3.1.) cherche à dépouiller l'objet en mouvement, pour extraire le squelette qui est la cause du mouvement, squelette qui va transformer un type d'action en un type de mouvement. Il s'agit, d'une part d'un squelette, et non de l'apparence complète de l'objet, d'autre part d'un squelette cinétique et non pas d'un squelette uniquement morphologique dont le rôle serait, par exemple, de donner de manière simplifiée la forme de l'objet.

Pour le déterminer, on doit tenir compte de l'objet, mais aussi de la relation que l'on souhaite entretenir avec lui. Ainsi, un "oiseau qui peut voler" se décrira différemment selon qu'il volera tout seul ou que l'animateur souhaitera manipuler ses ailes.

Il ne s'agit donc pas d'un réalisme au sens usuel du terme, et tel qu'il est employé dans l'expression "images de synthèse réalistes". Puisque dans cette problématique, un être humain, par exemple, pourra être représenté par une ligne (cf paragraphe I.3.1.).

Le modèle doit prioritairement assurer la cohérence dynamique de l'objet

I.4.3.3.3. Variété

Contrairement à la restriction imposée par l'univers réel, comme nous l'avons vu dans l'animation par manipulation, l'ordinateur permet d'envisager une certaine variété d'objets mobiles.

Beaucoup d'études portent sur l'analyse et la redescription, très fine, d'un objet mobile particulier. Ces travaux sont très liés à des besoins scientifiques ou techniques.

Exemples : étude du corps humain à des fins médicales
étude du comportement d'un corps humain lors de chocs mécaniques ou de modifications de l'environnement mécanique,
étude de véhicules,
étude d'objets particuliers à des fins techniques et industrielles...

Ces études sont surtout intéressantes par leur réalisme, mais ne peuvent par elles-mêmes constituer les bases d'un outil de création.

Il nous semble important de permettre à l'animateur de concevoir lui-même une grande variété d'objets manipulables. L'outil de création doit alors intégrer un langage permettant la conception et la construction d'objets mécaniques de forme et de matière quelconque.

1.4.3.3.4. Expérimentabilité

Disposant d'un langage de construction, l'animateur doit pouvoir construire un O.M.M. progressivement, de "proche en proche". A chaque étape de cette construction, le recours à l'expérimentation dynamique doit être possible. Il est donc essentiel que, dès le niveau le plus élémentaire, les objets soient mobiles et manipulables. Cette exigence doit guider le choix des éléments et des règles de construction de ce langage.

I.4. LES FONCTIONS DE L'OUTIL INFORMATIQUE D'IMAGES ANIMEES

Elles découlent des analyses qui précèdent.

L'outil informatique de création d'images animées doit permettre :

* en premier lieu, la réalisation de l'expérience instrumentale, dont les attributs essentiels sont :

- représentation expérimentable de l'univers réel,
- relation sensori-motrice aux objets représentés,
- temps réel entre action et perceptions multisensorielles

* en amont, de concevoir et de construire de manière modulaire des Objets Mobiles Manipulables. A chaque étape de leur construction, ils doivent se présenter comme des O.M.M..

* en aval, comme support de l'activité compositionnelle, de mémoriser, de traiter et de représenter de diverses manières, les résultats de toutes les étapes du processus de création : actions, objets, séquences dynamiques visuelles résultantes.

CHAPITRE II

LA PRODUCTION D'IMAGES EN MOUVEMENT PAR SIMULATION D'OBJETS MOBILES MANIPULABLES - LE SYSTEME ANIMA

Le système ANIMA que nous avons réalisé constitue une maquette de l'outil de création d'images animées dont nous avons défini les fonctions dans le chapitre I.

ANIMA est une maquette. Cela signifie que son objectif prioritaire est celui de l'évaluation des principes et des méthodes à utiliser pour la réalisation d'un outil de création opérationnel.

La version de ce système - ANIMA V2 - que nous étudierons et présenterons dans ce chapitre ne prétend pas aborder de manière également approfondie toutes les fonctions de l'outil de création. Elle se centre sur l'étude et la réalisation des conditions qui permettront l'exercice de la situation instrumentale dans un environnement informatique. En ce qui concerne l'aspect compositionnel, nous nous limiterons à réaliser les conditions initiales nécessaires à son implémentation, c'est à dire la mémorisation de tous les aspects de l'expérience instrumentale et la possibilité de faire "jouer" en temps réel des séquences de configurations variables.

II.1. RESTITUER LA SITUATION INSTRUMENTALE DANS UN ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE

II.1.1. LES FONCTIONS A REALISER

Les fonctions matérielles qui sont nécessaires pour créer, dans un contexte informatique, les conditions de l'expérience instrumentale, sont de 3 types :

- * fonction de description et de conception des objets manipulables,
- * fonction assurant la transformation de données sensorielles en données numériques (et réciproquement). Il s'agit de la fonction "transducteur".

Ces transducteurs seront de 3 types :

- transducteurs gestuels, intermédiaires entre le geste de l'animateur et la machine informatique,
 - transducteur visuel, qui génère les images,
 - transducteur acoustique, qui produit l'onde acoustique,
- * fonction de simulation, dont le rôle sera d'assurer la cohérence entre les données sensorielles, en fonction d'un modèle (figure II.1).

ANIMA V2 propose :

- * la définition et l'implémentation d'un langage, qui permet de décrire et de créer des objets mobiles manipulables, de forme et de matière quelconques, à 2 degrés de liberté,
 - de manière modulaire,
 - expérimentables en tant qu'objets manipulables à chaque étape de leur construction,
 - de manière interactive,
- * l'étude et l'implémentation d'un ensemble d'algorithmes de simulation temps réel,
 - qui captent les données en provenance du geste de l'animateur et génèrent les signaux de contrôle pour le retour gestuel,
 - qui calculent les déplacements et les déformations des objets précédemment définis,
 - les visualisent.

Cet ensemble est conçu pour permettre la modification de l'objet, forme ou matière, en temps réel.

* l'étude et la réalisation d'un ensemble de transducteurs gestuels, supports du geste de manipulation.

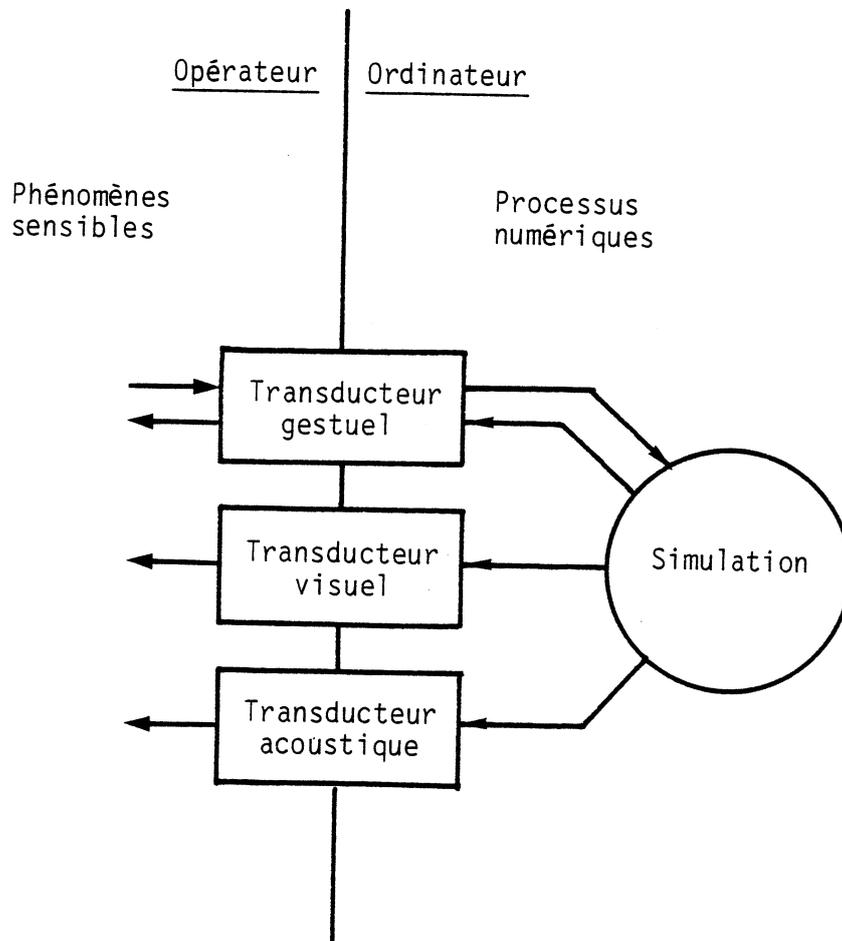


Figure II.1. La situation instrumentale

Les questions abordées sont donc de nature très diverse :

- * langage,
- * simulation temps réel,
- * visualisation temps réel,
- * ergonomie du geste.

C'est dans cette diversité, couplée à une analyse du processus de création, que se situe la difficulté du projet.

II.1.2. LE TEMPS REEL DANS LA SITUATION INSTRUMENTALE

Temps réel signifie pour nous, synchronisme apparent entre des données en provenance de l'opérateur humain, via des capteurs, et des retours d'informations, visuelles, gestuelles, auditives. Tous les traitements contenus dans la boucle sensori-motrice qui va du geste à l'image et au son, en passant par la simulation qui les relie, doivent s'effectuer en un temps suffisamment court pour qu'aucun décalage entre les entrées gestuelles et les perceptions gestuelles, visuelles et sonores ne soit perceptible.

Les processus que nous avons mis en oeuvre seront donc essentiellement synchrones (Figure II.2). Chacun des processus a, pour des raisons qui lui sont propres, sa propre fréquence d'échantillonnage.

Le geste est échantillonné et traité entre 10 et 500 Hz; l'image est générée et affichée entre 10 et 100Hz; les calculs de simulation s'effectueront entre 10 et 500 Hz pour la génération de l'image et entre 10 et 30 KHz pour la génération des sons.

ANIMA étant un système expérimental, ces différentes fréquences sont paramétrées, de manière à permettre diverses évaluations, en particulier des effets perceptifs obtenus et des limites de validité des simulations.

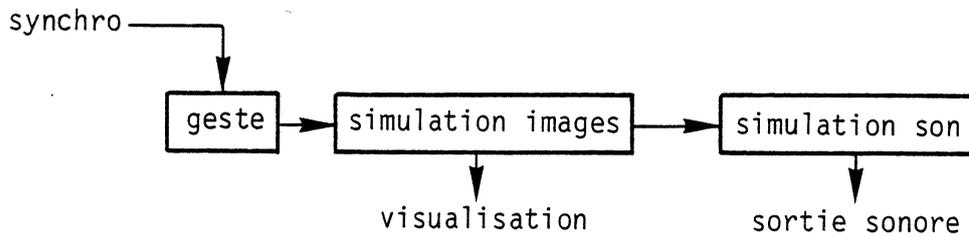


Figure II.2 - La synchronisation des processus

II.1.3. LA VISUALISATION TEMPS REEL

II.1.3.1. Complexité de l'image

La simulation d'un objet discrétisé par n points fournit à chaque instant les positions des n points qui sont les données d'entrée du système de génération de l'image.

Une image peut s'analyser en termes de formes, couleurs, textures, intensités lumineuses.

A partir de n points, on peut s'intéresser à la génération :

- * de points et de vecteurs reliant ces points. Il s'agit de la représentation visuelle communément appelée "fil de fer".
- * des surfaces à partir de facettes polygonales dont les sommets sont ces points.
- * d'un "habillage" autour de ces points; Par exemple une forme enveloppante.
- * de la couleur, de la texture et de l'éclairage de ces surfaces.

La contrainte du temps réel s'exprime ici par le fait que l'image doit être générée en moins de 40 ms (25 images/seconde).

Il n'existe pas de système qui, aujourd'hui permette de générer des surfaces en temps réel. Le problème le plus coûteux en temps de calcul est celui de l'élimination des parties cachées, qui suppose une analyse de la scène spatiale. Un système comme Hélios (MARTINEZ 82) semble pouvoir modifier les

attributs d'aspects visuels - couleur, texture, éclairage - à la fréquence de 25 Hz, à condition que les données de la scène analysée en facettes puissent lui être fournies à cette fréquence.

En fait, la visualisation qui intervient dans la situation instrumentale sert, au même titre que la perception gestuelle, à contrôler le mouvement, c'est à dire les déplacements et les déformations de l'objet. On peut, dans cette situation se satisfaire d'une quantité d'informations visuelles moins grande que pour la représentation visuelle complète de l'objet. Bien plus importantes seront les conditions qui permettront une perception fine du mouvement.

Il existe aujourd'hui des processeurs d'images dédiés à la simulation, qui permettent d'afficher des images de type "fil de fer", avec une bonne résolution en temps réel. Il est techniquement possible aujourd'hui d'effectuer rapidement les opérations de projection perspective, de cadrage de l'image, de transformations géométriques (rotation, translation). Mais ces machines sont encore assez coûteuses et de ce fait conçues pour des applications lourdes.

II.1.3.2. Qualité de l'image

Une mauvaise résolution est nuisible à la perception du mouvement, les dynamiques locales dues à la mauvaise résolution peuvent attirer l'oeil davantage que le mouvement global. Les techniques de filtrage (antialiasing) permettant de s'affranchir des phénomènes parasites liés à une faible définition ne sont pas compatibles avec le temps réel. Une bonne résolution est d'emblée nécessaire au niveau de l'unité de visualisation.

C'est pourquoi nous avons opté dans la maquette du système ANIMA pour une représentation de type "fil de fer" avec une résolution de 2048*2048 points, qui est celle usuellement adoptée dans les applications de simulation.

II.1.3.3. Matériels

Les systèmes d'affichage à balayage vidéo et mémoire de trame sont les plus courants aujourd'hui car ils fonctionnent à temps constant, c'est à dire que le temps d'affichage est indépendant de la complexité de l'image, et disposent la couleur. Ils sont donc adaptés à l'affichage "plein écran" et "couleur". Par contre, leur coût augmente avec la résolution.

Un système à "liste d'affichage" et écran oscilloscopique à balayage cavalier monochrome est mieux adapté aux besoins du temps réel, lorsque l'image est peu chargée comme dans une représentation "fil de fer". Nous avons opté pour ce type de matériel, peu standard dans le domaine de l'image de synthèse mais également courant dans les applications de simulation, pour lequel nous avons réalisé une unité d'affichage de vecteurs cablée capable d'afficher 40 000 vecteurs par seconde.

II.2. LE CONTROLE GESTUEL

II.2.1. TYPOLOGIE DU GESTE DE MANIPULATION

Le but est de réaliser des périphériques d'ordinateur, que nous appellerons "transducteurs gestuels", et qui seront les intermédiaires physiques entre l'animateur et les objets simulés. Cela suppose l'élaboration préalable, de critères de classification des gestes de manipulation.

Nous distinguons trois types de gestes, d'où nous déduirons trois types de transducteurs gestuels :

* le geste de manipulation : il permet de déplacer et de déformer l'objet. C'est lui qui est la cause d'un mouvement visible de l'objet, qui est composé de déplacements et de déformations.

* le geste de modification : Ce geste, s'il est effectué seul, ne provoque pas de mouvement. Il peut par contre modifier les mouvements provoqués par un geste de manipulation. Il en est ainsi lorsque l'on modifie la matière ou la structure d'un objet.

* le geste de sélection : il permet de choisir entre différents objets ou différentes configurations d'un même objet.

Pour chaque type de geste, interviennent d'autres critères, susceptibles d'influencer la morphologie de chaque type de transducteurs gestuels tels que l'ambitus spatial - geste corporel ou manuel - , les directions d'actions - frontale, verticale, latérale - , les modes de manipulation - saisie permanente ou non.

En correspondance avec les trois catégories de gestes définies précédemment, nous définissons trois catégories de transducteurs gestuels permettant à ce type de geste de s'appliquer sur un objet simulé :

- * les transducteurs gestuels rétroactifs,
- * les transducteurs gestuels analogiques non rétroactifs,
- * les transducteurs gestuels discrets non analogiques.

III.2.2. LES TRANSDUCTEURS GESTUELS RETROACTIFS

Ils doivent permettre d'agir sur l'objet et de percevoir son comportement. Le geste de manipulations s'effectue prioritairement sur ce type de transducteurs. C'est en effet pour ce type de geste que la possibilité d'une perception kinesthésique de l'objet, simultanée de l'action est la plus importante. Les transducteurs rétroactifs sont constitués de capteurs qui généreront les signaux images de l'action, et de moteurs qui assureront la fonction de réaction mécanique (appelée parfois retour d'effort), programmable en fonction de l'objet simulé.

Les problèmes posés par ce type de dispositifs sont liés à la difficulté de réaliser simultanément une ergonomie appropriée (morphologie, encombrement, bruit) et un retour d'effort puissant et rapide.

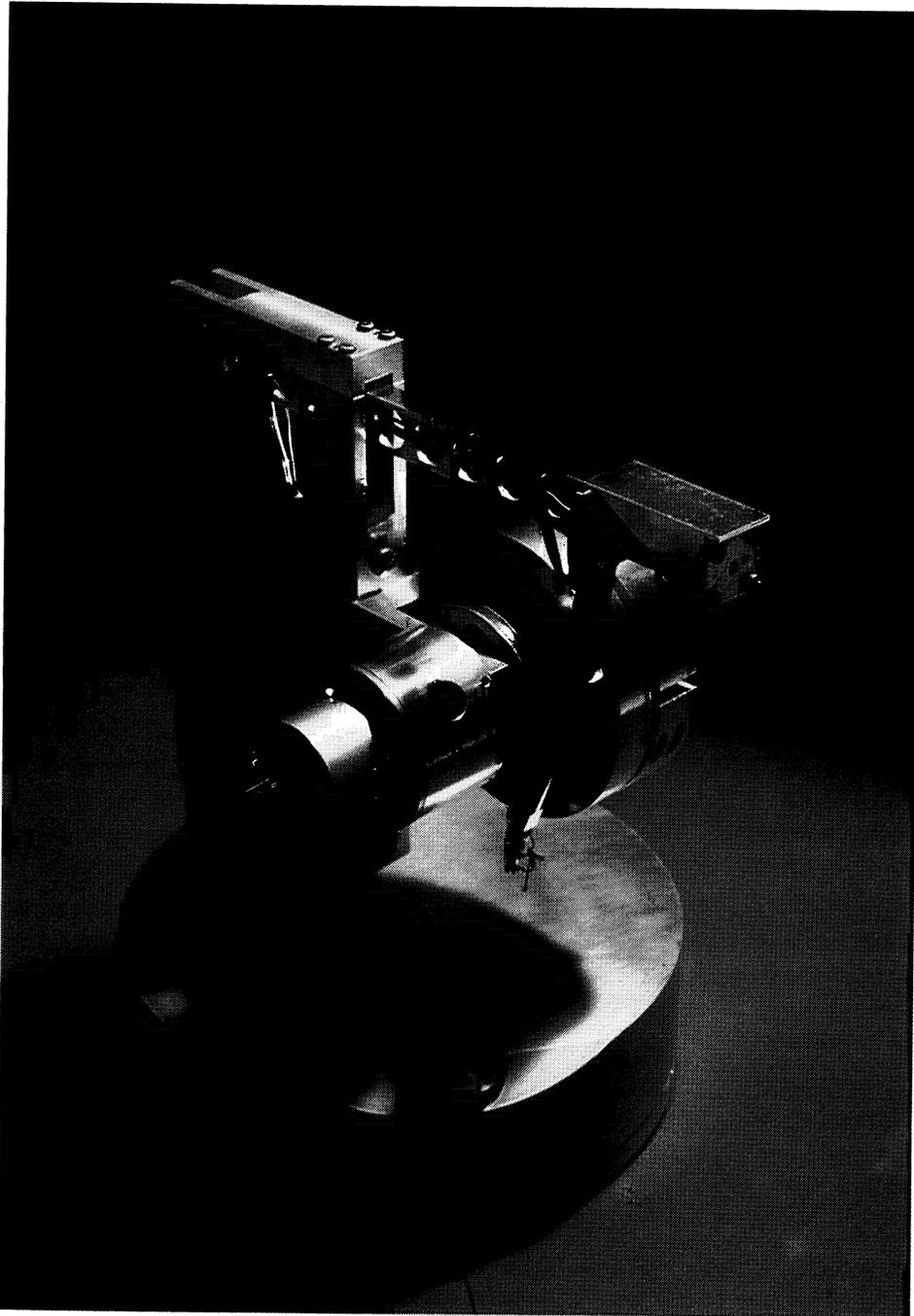


Figure II.3. Transducteur Gestuel Rétroactif "TOUCHE"

La réalisation d'un transducteur à 2, 3, ou plusieurs degrés de liberté (ex : sticks, surface rétroactive, gant...) pose, compte tenu de la présence d'éléments moteurs et du faible encombrement souhaité, d'importants problèmes de réalisation mécanique. Par ailleurs, des moteurs puissants et rapides sont nécessaires pour pouvoir simuler aussi bien l'évolution d'un objet dans un milieu visqueux qu'un choc sur une surface dure.

Les systèmes à retour d'effort sont rarement utilisés pour des applications aussi contraignantes. En effet, sur des engins de chantiers ou sur des avions (contrôle d'aérofreins), sur lesquels ces dispositifs sont parfois utilisés,

n'existent pas de telles contraintes ergonomiques (bruit, encombrement des moteurs). Par ailleurs, leur utilisation est souvent limitée à un effet particulier.

Une étude a été menée par W. ATKINSON (1976) dans le même esprit que la nôtre, dans le but d'étendre les possibilités de systèmes graphiques, à la suite des travaux de A.M. NOLL sur la communication tactile avec l'ordinateur. De tels systèmes existent également comme outils d'expérience dans des tests psychophysiques étudiant la boucle geste-vue.

Nous utilisons dans ANIMA un transducteur gestuel rétroactif réalisé dans notre équipe (FLORENS 78, CADOZ 79) (Figure II.3). Sa limitation essentielle réside dans le fait qu'il n'a qu'un degré de liberté de déplacement.. Il se présente sous la forme d'une touche, qui peut être saisie ou percutée, et qui se déplace verticalement sur 5 cm environ.

Le rôle de ce dispositif est essentiellement évaluatif. Couplé à ANIMA, il nous permet de tester l'intérêt du retour gestuel sur quelques cas (chocs entre 2 objets dont un est tenu par l'opérateur par l'intermédiaire du transducteur, manipulation sur une dimension d'objets élastiques ou de diverses matières...).

II.2.3. LES TRANSDUCTEURS GESTUELS NON RETROACTIFS ANALOGIQUES

Ils seront le support du geste de modification. Entrent dans cette catégorie, tous les dispositifs purement capteurs (capteurs de force, de déplacement, d'angle...).

Nous disposons de systèmes d'entrée classiques (sticks) et de capteurs de déplacement électromagnétiques. Nous avons par ailleurs réalisé un ensemble de systèmes capteurs de forces et en particulier un capteur mixte de position (X,Y) et de forces (FX,FY,FZ) à partir de la souris d'une tablette à digitaliser.

II.2.4. LES TRANSDUCTEURS GESTUELS NON RETROACTIFS DISCRETS

Ils seront le support du geste de sélection. Il s'agit de dispositifs de type claviers, interrupteurs, écrans tactiles pour la désignation...

II.3. MODELISATION DE L'OBJET MOBILE MANIPULABLE

II.3.1. MODELES ET LANGAGE

Un objet mobile manipulable est un objet mécanique qui, lorsqu'il est soumis à une action, se déforme et se déplace.

II.3.1.1. Modularité

Pour être simulé, l'objet doit être discrétisé spatialement. Il se présente sous la forme d'un réseau maillé discret, dont on a défini, automatiquement ou manuellement, les noeuds et les mailles.

Dans le cas d'un objet figé et parfaitement connu, ou d'un ensemble limité d'objets figés, le maillage pourrait être étudié et déterminé une fois pour toutes. Dans notre cas, la nécessité de variété propre à l'outil de création impose que l'utilisateur puisse construire, modifier et expérimenter son objet "élément par élément". Il doit pouvoir créer ou modifier lui-même les noeuds et les mailles et avoir ainsi la possibilité de créer n'importe quel objet connu ou non.

La nécessité de variété implique la modularité.

L'utilisateur a donc l'entière responsabilité de la description, donc du modèle, de son objet. Il doit mettre au point le modèle de son objet, lui-même et au "cas par cas".

On voit que la tâche du concepteur d'un tel objet n'est pas aisée. Il est fondamental qu'il puisse être guidé dans cette tâche par le système des éléments de base du langage de construction. Ces éléments de base doivent donc être choisis judicieusement.

Pour déterminer ce système, nous ferons à nouveau référence à l'univers réel, celui dont quiconque a, naturellement, une expérience.

Les éléments et leur mode de combinaison doivent avoir un sens physique.

La seule autre expérience dont disposera l'opérateur sera celle qu'il effectuera lui-même :

la nécessité de variété implique l'expérimentabilité à tous les niveaux de la construction de l'objet, depuis le niveau d'assemblage des plus petits éléments du langage de construction.

Les éléments et leur mode de combinaison doivent être respectivement des objets et des opérations concrètes. L'animateur doit pouvoir "manipuler" l'objet à chaque instant de sa construction.

Enfin, ce langage doit être homogène; nous entendons par là que les éléments qui permettront de construire l'objet et ceux qui permettront de le connecter à l'opérateur doivent être de même nature.

II.3.1.2. Choix des éléments

A un niveau élémentaire, les objets sont discrétisés spatialement selon des éléments de "masse", de "raideur", de "frottement". Tout objet se décrit donc sous la forme d'un réseau discret dont les "masses" sont disposées aux noeuds. Les autres éléments - raideur/frottement sans masse -, en définissant des liaisons entre les masses, définissent les mailles. Les variables mécaniques conjuguées sont les forces et les déplacements.

Dès ce niveau, les éléments choisis "masse", "raideur", "frottement", possèdent les propriétés que nous avons énoncées :

* ils ont un sens physique : le sens commun sait la signification d'une masse plus ou moins grande, d'une raideur plus ou moins forte ou d'un frottement solide ou visqueux. Cette intuition, commune, peut être un guide non négligeable dans les premiers pas de la conception d'un objet.

* Ils sont expérimentables : on peut comprimer un ressort, agir contre un frottement...

* La relation à l'utilisateur peut être du même type que la relation inter-objet ou inter-élément :

Les déplacements et les déformations de l'objet sont représentés par les déplacements des points où sont concentrées les masses. Ce sont ces déplacements qui seront les données utilisables par la visualisation (Figure II.4).

Le geste de manipulation peut se décrire également selon ces 2 variables mécaniques conjuguées, forces et déplacements.

Les forces extérieures, c'est à dire en provenance de l'opérateur sont appliquées en ces points.

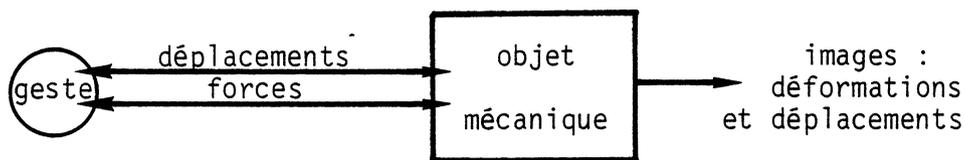


Figure II.4 - Relation Geste/Objet/Image

Plus généralement, les modules à partir desquels seront construits les objets se décomposent en 2 catégories (Figure II.5) :

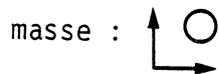
- * les modules matériels
- * les modules de liaison

Les modules matériels ont pour entrées des forces et calculent des positions; les modules de liaison calculent des forces à partir de positions.

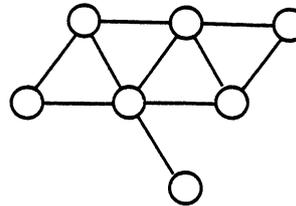
Les modules élémentaires sont (Figure II.5) :

- * pour les modules matériels, la masse et ses variantes (élément sol à masse infinie),
- * pour les modules de liaison, la liaison ressort/frottement sans masse et ses variantes (liaison conditionnelle).

Exemples de modules matériels :



portion de surface :



Exemples de modules de liaison :

liaison ressort/frottement :



liaison complexe :

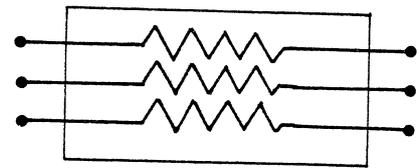


Figure II.5 - Eléments matériels et éléments de liaison

L'opérateur qui fournit une force et reçoit une position (ou réciproquement fournit une position et reçoit une force), est vu par l'objet comme un module matériel (ou réciproquement comme un module de liaison).

A partir de ces modules élémentaires, peuvent se construire des modules complexes appartenant soit à l'une, soit à l'autre catégorie.

Ainsi un module matériel à N voies fournit, à partir de n voies d'entrées de forces, n positions. Et un module de liaison à M voies calcule M forces à partir de M positions.

II.3.1.3. Combinatoire

Les règles de combinaison des éléments sont les suivantes (figure II.6) :

- * sur un élément matériel peuvent se connecter plusieurs éléments de liaison. La force d'entrée d'un élément matériel est la résultante (somme des forces) des forces appliquées par toutes les liaisons.
- * un élément de liaison connecte 2 éléments matériels. Il reçoit en entrée la position de chacun des matériels et délivrent 2 forces, à destination de chacun des éléments matériels connectés. Dans ce cas, ces 2 forces sont opposées.
- * Un élément de liaison ne peut avoir d'entrée non-connectée.

Dans le cas de modules complexes, les règles ci-dessus s'appliquent pour chacune des voies.

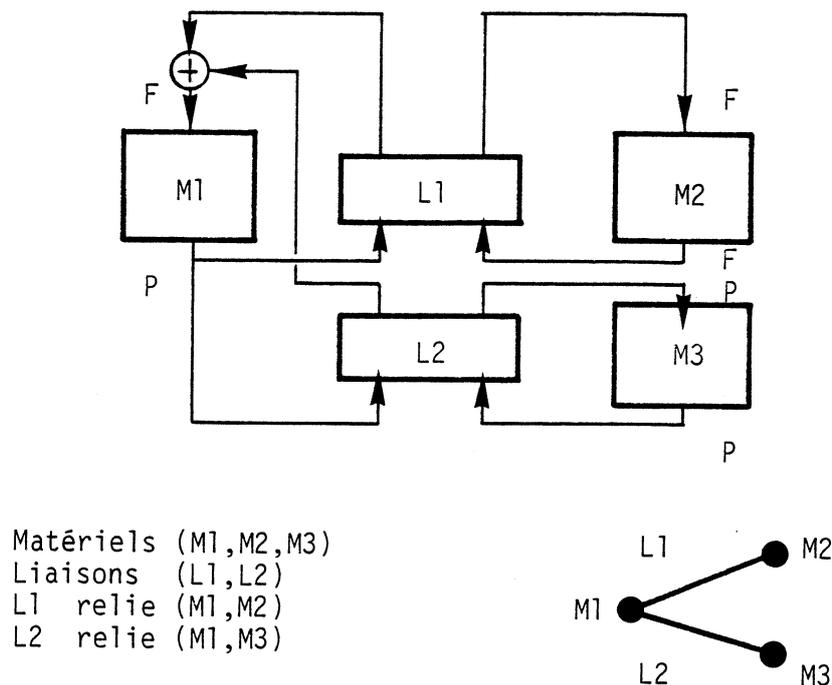


Figure II.6 - Combinaison des éléments

II.3.1.4. Relations non-linéaires entre éléments

Les relations les plus fréquentes entre les objets ou entre les objets et le manipulateur ne sont pas des relations permanentes, mais des relations temporaires telles que "saisir et lâcher un objet", "percuter un obstacle". Un sous-ensemble du langage permet de définir des "liaisons conditionnelles", c'est à dire des liaisons linéaires soumises à des conditions, conditions choisies pour rendre compte des phénomènes les plus courants.

Dans ce sous-langage, on s'éloigne notablement du sens physique que nous avons tenu à conserver pour les autres éléments.

II.3.2. ALGORITHMIQUE ET CONTRAINTES D'IMPLANTATION

II.3.2.1. Relation entre le langage de modélisation et l'algorithmique

L'algorithmique, c'est à dire l'ensemble des algorithmes effectuant la simulation peut être très distante de la description des objets par l'opérateur.

Le choix de la méthode de calcul devra tenir compte des contraintes propres à la simulation, en particulier dans notre cas d'une part la rapidité d'exécution et d'autre part l'optimisation des mémoires. Pour cela, la situation la plus performante est obtenue par la génération d'un algorithme pour chaque objet créé. Cependant, cela suppose qu'après la création ou la modification de l'objet par l'utilisateur, et avant la simulation, s'effectue un traitement de mise en forme algorithmique.

Pour les raisons suivantes :

- * l'objectif de cette maquette est de tester la validité de la modélisation mécanique dans le domaine de l'animation. Cette maquette est expérimentale. Il faut alors faciliter aussi bien la mise au point des algorithmes que des modèles. La simulation va servir à mettre au point les modèles.

* pour faciliter la mise au point de l'objet par l'animateur, il faut que la modification de l'objet puisse être souple et rapide, ce qui exclut une phase de traitement longue entre la modification de l'objet et l'exécution de la simulation.

il y a dans ANIMA V2 isomorphie entre le langage de description et l'algorithmique.

Cela signifie qu'à chaque élément du langage correspond un algorithme. Le calcul d'un objet quelconque s'obtient par calcul de chaque élément. La modification d'un objet se ramène à un changement des données pour le calcul de chaque élément.

On a donc :

élément masse-----algorithme masse
élément ressort/frottement-----algorithme ressort/frottement

II.3.2.2. Relation de causalité

La sortie d'un module matériel étant l'entrée d'un module de liaison, et réciproquement, le calcul ne peut s'effectuer que moyennant une contrainte, que nous appelons "relation de causalité", et qui consiste à imposer un ordre causal entre force et déplacement. C'est la force à l'instant n qui est la cause du déplacement à l'instant n+1.

Moyennant cette hypothèse, le calcul se déroule de la manière suivante (Figure II.7) :

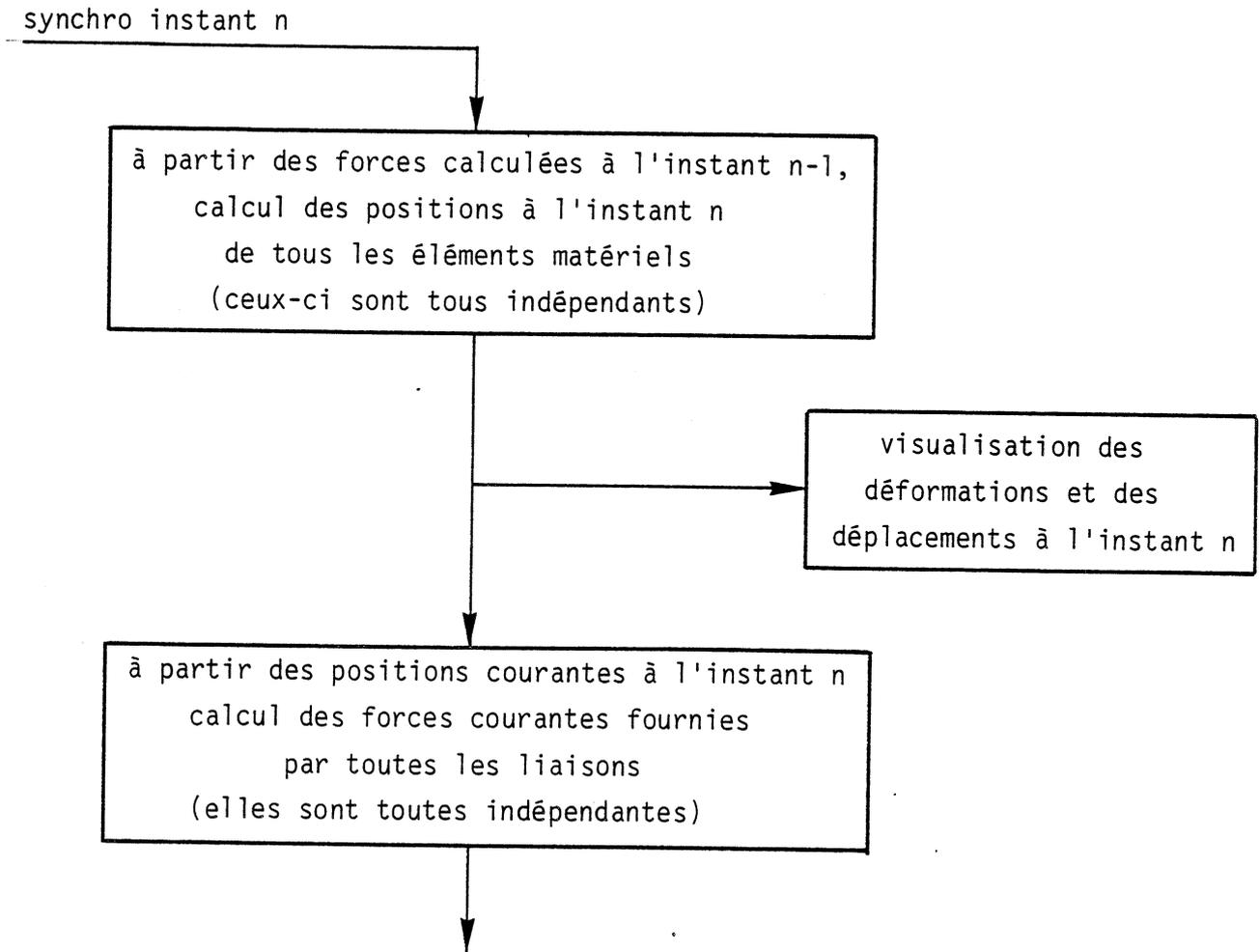


Figure II.7 - Relation de causalité

II.3.3. Contraintes imposées par la modification de l'objet en temps réel

Il est important de pouvoir modifier les objets, et plus généralement la scène en cours de jeu.

Exemple : changer de configurations ou pouvoir faire intervenir des objets nouveaux,

Il faut, pour cela, définir un stock d'objets et pour les objets un stock de configurations. C'est par un geste de sélection que l'animateur pourra les faire intervenir en temps réel, c'est à dire sans que la simulation soit apparemment stoppée.

Ceci peut se réaliser de 2 manières, soit en introduisant dans la définition de la scène, des blocs conditionnels, ou options, que l'on peut introduire ou supprimer en cours de manipulation, sans arrêter la simulation, soit de modifier la simulation par chargement de nouvelles données.

Dans les 2 cas, le problème essentiel se situe au niveau du langage de description de ce type d'intervention, qui se situe au niveau compositionnel. ANIMA V2 ne le prend pas en charge. Mais nous devons tenir compte de cette contrainte lors de l'implémentation des algorithmes et de la définition de la structure des données.

II.3.3. LES PRIMITIVES DE SIMULATION

Il y a 9 types de primitives pour la description et la simulation d'objets matériels :

1. les primitives d'acquisitions,
2. les primitives d'entrée/sortie gestuelles,
3. les primitives de simulation des éléments matériels,
4. les primitives de simulation des liaisons linéaires,
4. les primitives de simulation des liaisons conditionnelles,
6. les primitives de simulation des liaisons dégénérées,
7. les primitives pour le contrôle de paramètres,
8. les primitives pour la modification de structure,
9. les primitives pour les sorties visuelles.

II.3.3.1. Les primitives d'acquisitions

CANAL : Il effectue l'acquisition des données gestuelles en provenance de capteurs, échantillonnées à 100 Hz.

Le nombre de canaux a été fixé à 2 au maximum.

Dans la majorité des cas des manipulations courantes, 2 manipulations simultanées indépendantes sont une limite de complexité au delà de laquelle on est conduit à diminuer la dimensionnalité de chaque manipulation.

La complexité d'une manipulation peut se définir par le produit $C = (\text{nombre de manipulations indépendantes} * \text{dimensionnalité de chacune d'elles})$.

Citons 2 cas extrêmes :

- * la manipulation élémentaire d'un objet tenu par 3 doigts, si le contact est ponctuel, met en jeu 9 variables. C'est une manipulation unique à 9 degrés de liberté.

- * Le jeu sur un clavier à 8 touches peut se structurer comme un ensemble de 8 manipulations élémentaires à 2 variables (force et déplacement).

Il existe donc une limite à la complexité de manipulation. Nous avons choisi le cas courant de manipulation de multiplicité égale à 2 et de dimensionnalité plus élevée, égale à 6.

Un canal se compose de (Figure II.8) :

- 1 voie d'excitation : celle-ci est nécessairement rétroactive. Elle comprend donc 1 acquisition (AX,AY) sur un capteur bi-dimensionnel du transducteur gestuel et retourne à celui-ci une consigne (CX,CY).

- n voies de contrôle : celles-ci ne sont pas rétroactives. Elles correspondent à des acquisitions sur différents capteurs ((MX1,MY1),(MX2,MY2)...). La multiplicité maximum prévue est 6. Les arguments de la primitive CANAL sont le numéro du canal, l'identificateur de la voie d'excitation, le nombre de voies de contrôle et leurs identificateurs.

Une voie peut fonctionner suivant 3 modes (Figure II.9) :

- * entrée directe sans mémorisation: les données captées sont utilisées sans être mémorisées,

- * entrée directe avec mémorisation : les données captées sont utilisées et mémorisées,

- * lecture : les données utilisées sont celles mémorisées précédemment.

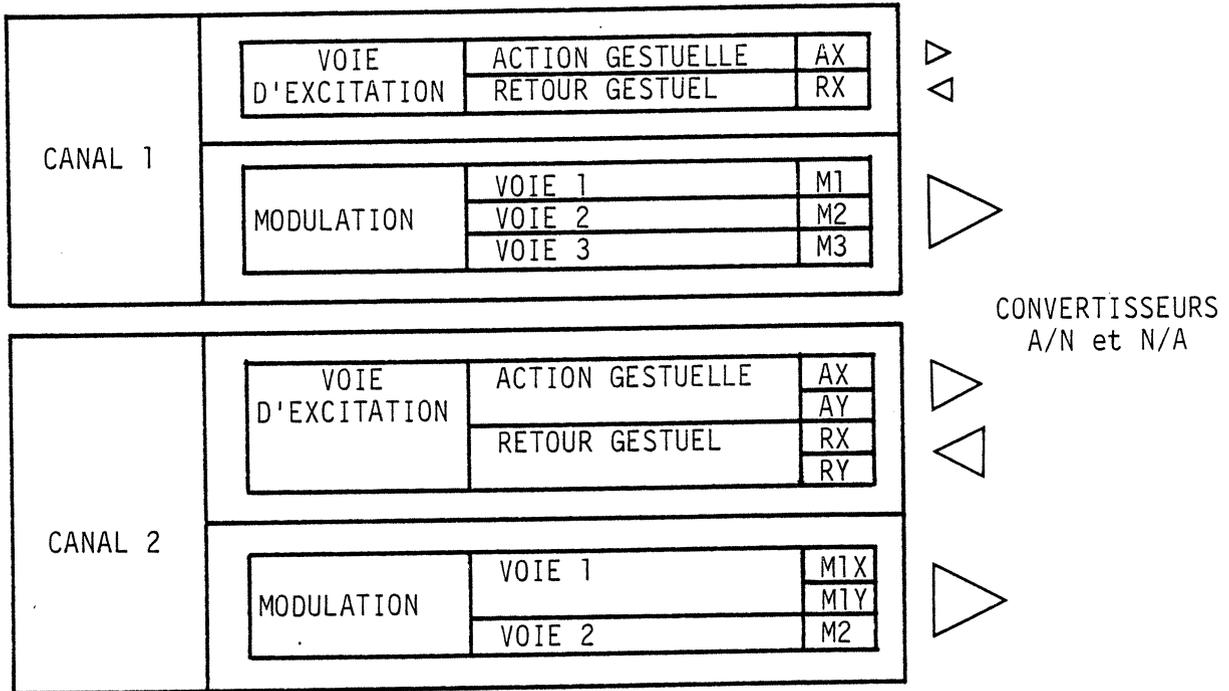


Figure II.8 - Composition d'un canal

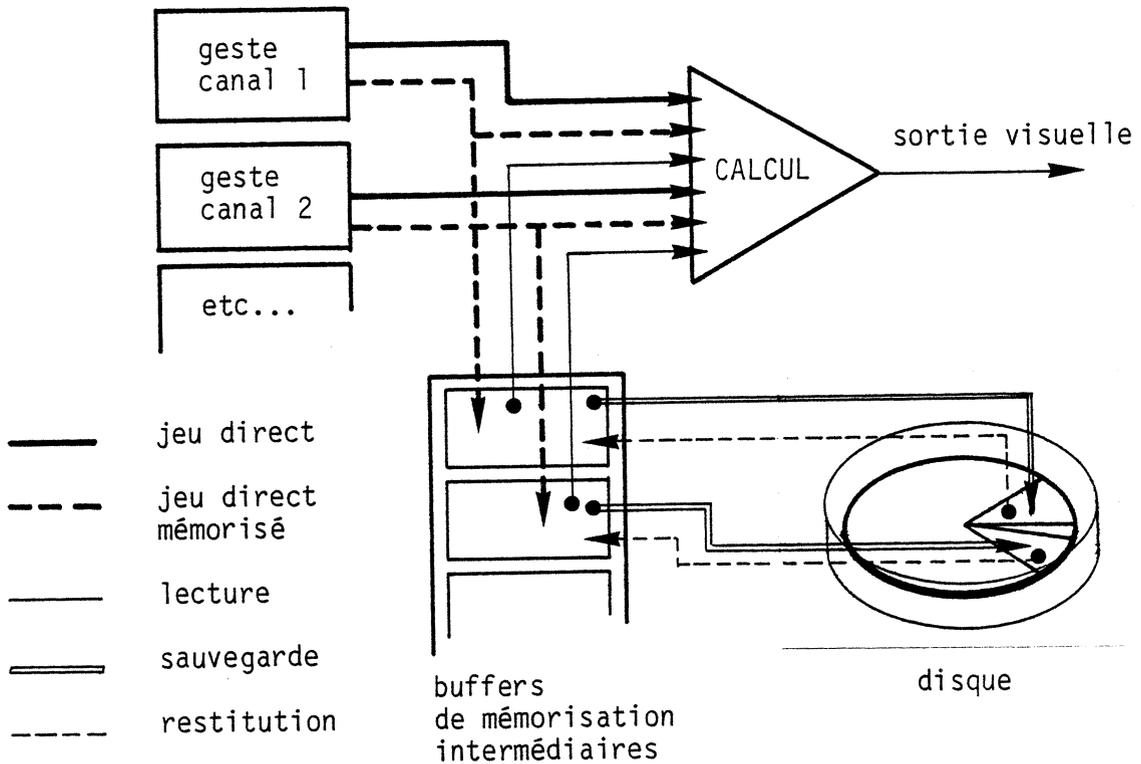


Figure II.9 - Différents modes de fonctionnement des entrées

II.3.3.2. Les primitives d'entrées/sorties gestuelles

II.3.3.2.1. Les entrées non rétroactives

FEX : Elle définit l'entrée gestuelle captée comme étant une entrée de force et effectue un calibrage en tenant compte de la course des capteurs.

(Entrée (EX,EY)) → (FX,FY). Cet élément fournissant une force est assimilé, pour la combinatoire ANIMA, à un élément de liaison. Il se connecte donc à un élément matériel.

Ces arguments sont le nom du canal d'entrée qui lui est affecté et l'identificateur de l'élément matériel sur lequel il est connecté.

PEX : Elle définit l'entrée gestuelle captée comme étant une entrée de position et effectue un calibrage en tenant compte de la course des capteurs.

(Entrée (EX,EY)) → (PX,PY). Cet élément fournissant une position est assimilé, dans la combinatoire ANIMA, à un élément matériel.

Elle a un seul argument, le nom du canal d'entrée qui lui est affecté.

II.3.3.2.2. Les entrées/sorties rétroactives

FEP : Elle définit l'entrée comme une entrée de force et la sortie comme une sortie de position. Il effectue les calibrages en fonction des capteurs. Acceptant une force et fournissant une position, il est assimilé à un élément de liaison.

Ses arguments sont le nom du canal d'entrée (voie d'excitation) et l'identificateur de l'élément matériel sur lequel il est connecté.

PEF : Elle définit l'entrée comme une entrée de position et la sortie comme sortie de force, en effectuant le calibrage selon la course des capteurs.

Elle a pour argument le nom du canal d'entrée (voie d'excitation).

II.3.3.3. Les primitives pour la simulation des éléments matériels

La figure II.10 donne le format général d'un élément matériel quelconque.

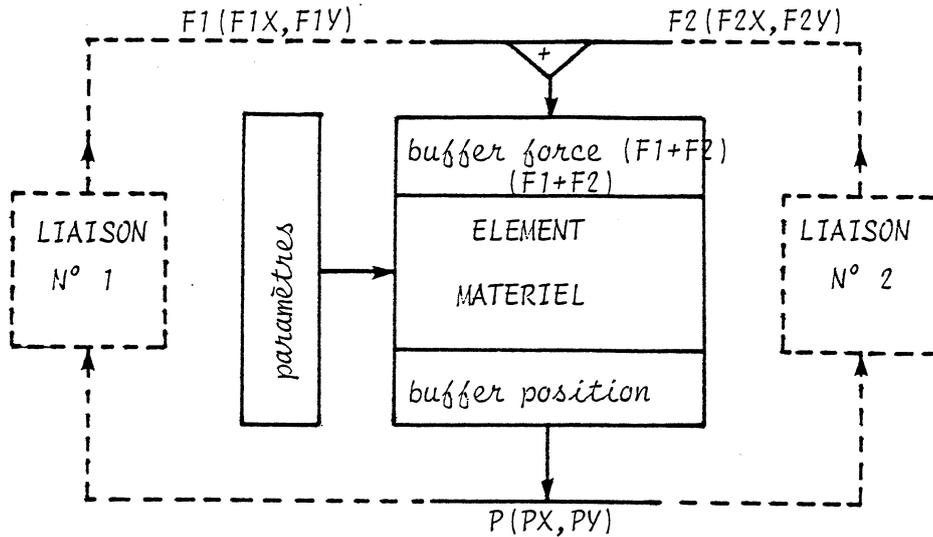


Figure II.10 - Format d'un élément matériel

SOL : Quelque soit la force (FX,FY) qui lui est appliquée, il produit une position constante P0 (X0,Y0).

MASSE : Elle répond par une position à une excitation de force.

Ses paramètres sont:

la valeur de M de la masse

sa position initiale (MXI,MYI).

La position courante est calculée par les équations aux différences déduites de l'équation fondamentale de la mécanique classique continue.

On a :

$F = M.A$ avec F est la résultante des forces qui s'appliquent à l'instant t sur la masse de valeur M

A est l'accélération de celle-ci.

Le passage aux équations aux différences s'effectue en posant :

$$t = n, \text{ (échantillonnage)}$$

$$V(n) = X(n) - X(n-1), \text{ } V(n) \text{ vitesse de la masse à l'instant } n,$$

$$A(n) = V(n) - V(n-1), \text{ } A(n) \text{ accélération de la masse à l'instant } n.$$

On obtient alors :

$$X(n) = Fx(n)/M + 2.X(n-1) - X(n-2)$$

$$Y(n) = Fy(n)/M + 2.Y(n-1) - Y(n-2)$$

CORDE : Elle est composée de p masses (p est variable) reliées par des liaisons élastiques et visqueuses de manière à constituer une ligne. Celle-ci est rattachée au sol à ses extrémités par le même type de liaisons, ce qui permet d'obtenir toutes les conditions de réflexion-aux extrémités (corde libre, adaptée, fixée...).

Ses paramètres sont :

($M_1, M_2 \dots M_p$) valeurs des masses

(KC, ZC) coefficients de raideur et frottement des éléments de liaison courants

(KC_0, ZC_0) coefficients de la liaison extrémité 0,

(KC_p, ZC_p) coefficients de la liaison extrémité p ,

((CX_{i1}, CY_{i1}), (CX_{i2}, CY_{i2})...(CX_{ip}, CY_{ip})) positions initiales des masses.

De même que pour la masse, les positions courantes sont calculées par des équations aux différences déduites des équations de la mécanique continue.

Dans le cas de P masses identiques, si (C_0, C_N, C_P) et (Z_0, Z_N, Z_P) sont les vitesses de propagation et les frottements respectivement à l'extrémité 0, le long de la corde et à l'extrémité P , les équations donnant la position de la masse i sont :

$$X_i(n) = FX_i(n) + KI1*X_i(n-1) + KI2*X_i(n-2) + KI3*(X_{i-1}(n-1) + X_{i+1}(n-1))$$

$$Y_i(n) = FY_i(n) + KI1*Y_i(n-1) + KI2*Y_i(n-2) + KI3*(Y_{i-1}(n-1) + Y_{i+1}(n-1))$$

avec :

pour $i = 1$, c'est à dire pour la première masse de la corde,

$$KI1 = 2 - CN^2 - CO^2 - ZO - ZN$$

$$KI2 = -1 + ZO + ZN$$

$$KI3 = CN^2 + ZN$$

pour i compris entre 1 et P, c'est à dire pour les masses courantes,

$$KI1 = 2 - 2*CN^2 - 2*ZN$$

$$KI2 = -1 + 2*ZN$$

$$KI3 = CN^2 + ZN$$

pour $i = P$, c'est à dire pour la dernière masse de la corde,

$$KI1 = 2 - CN^2 - CP^2 - ZP - ZN$$

$$KI2 = -1 + ZP + ZN$$

$$KI3 = CN^2 + ZN$$

I.3.3.4. Les primitives de liaisons linéaires

Le format général d'un élément de liaison quelconque est donné à la figure II.11.

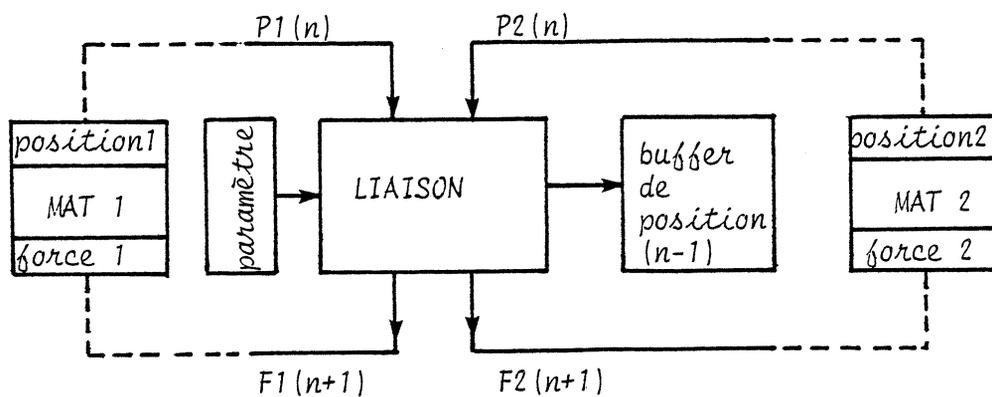


Figure II.11 - Format d'un élément de liaison

Un élément de liaison linéaire reçoit en entrée 2 positions ((PX1,PY1),(PX2,PY2)) et calcule 2 forces ((FX1,FY1),(FX2,FY2)). Ses arguments sont les noms des éléments matériels qu'il connecte.

Donnons les équations et l'algorithme qui correspondent à une liaison constituée d'un ressort. Les équations correspondant à une combinaison de ressorts s'en déduisent sans problèmes.

L'équation continue est :

$$F = K \cdot DL \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} F \text{ est la force appliquée au ressort} \\ DL \text{ la variation de longueur, soit } DL = (L - L_0), \\ \text{avec } L, \text{ longueur courante,} \\ L_0, \text{ longueur au repos.} \end{array}$$

Soit, par projection sur les axes :

$$\begin{array}{l} FX = F \cdot RX \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} RX = LX/L \\ LX = X_2 - X_1 \\ X_2 \text{ et } X_1, \text{ abscisses des 2 extrémités du ressort} \end{array} \\ FY = F \cdot RY \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} RY = LY/L \\ LY = Y_2 - Y_1 \\ Y_2 \text{ et } Y_1, \text{ ordonnées des 2 extrémités du ressort} \end{array} \end{array}$$

L'algorithme échantillonné est le suivant (Figure II.10):

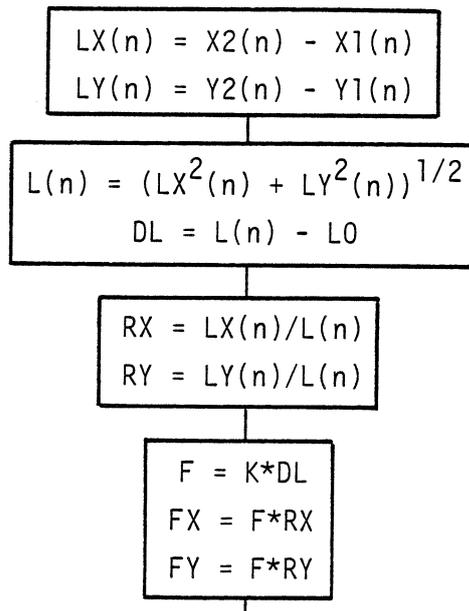


Figure II.10 - Algorithme "Ressort"

Cet algorithme a une limitation importante :

* Le lieu des positions d'équilibre du ressort est l'ensemble des cercles de rayon L_0 centrés sur une extrémité du ressort .

* Dans le modèle décrit ci-dessus, le ressort est parfaitement compressible. Sa longueur peut s'annuler.

* Lors d'un passage par 0 de la longueur, le ressort peut tendre à prendre comme position d'équilibre une position symétrique de celle occupée avant le passage par 0. Il s'agit là d'une discontinuité - "retournement du ressort" - qui est la limitation importante de notre modèle.

II.3.3.4.1. Liaisons pures

LIAISON PURE

Pictogramme :



Paramètres : (K,Z) , longueur au repos de la liaison,

Arguments : nom des éléments matériels connectés.

II.3.3.4.2. Liaisons au sol

1-RESSORT-FROTTEMENT/SOL

Pictogramme:



Paramètres : (K,Z) coefficients de raideur et de frottement

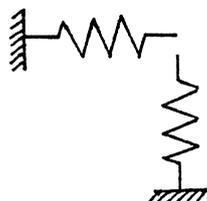
position initiale du sol : (SXI,SYI)

longueur au repos de la liaison : L_0

Argument : identification de l'élément matériel auquel la liaison est connectée.

2-RESSORT-FROTTEMENT/SOL

Pictogramme :



Paramètres : $(K1,Z1),(K2,Z2)$

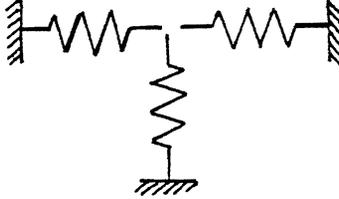
positions initiales des sols : $(SX11,SY11),(SX12,SY12)$

longueur au repos des liaisons : $L10,L20$.

Arguments : identification de l'élément matériel auquel les liaisons sont connectées.

3-RESSORT-FROTTEMENT/SOL

Pictogramme :



Paramètres : $(K1,Z1),(K2,Z2),(K3,Z3)$ coefficients des liaisons

positions initiales des sols :

$(SX11,SY11),(SX12,SY12),(SX13,SY13)$

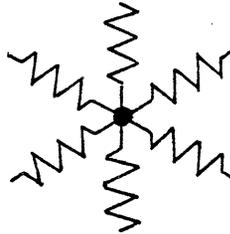
longueur au repos des liaisons : $L10,L20,L30$

Arguments : identification de l'élément matériel auquel les liaisons sont connectées.

II.3.3.4.3. Eléments de liaison à une masse

ETOILE

Pictogramme :



Arguments : nombre de branches de l'étoile, identification des éléments matériels connectés

Paramètres : (Ki,Zi) , $i=(1,n)$

position initiale de la masse centrale, longueurs au repos des liaisons.

II.3.3.5. Les liaisons conditionnelles

Elles sont essentielles pour rendre compte des discontinuités : chocs, rugosités, changement de milieu...

Exemples : un objet est saisi puis lâché; un objet percute une paroi ou un autre objet et rebondit; ou s'accroche à ce dernier en cours de mouvement; traverse un milieu plus dense ou plus visqueux...

LIAISON CONDITIONNELLE : La liaison conditionnelle est du même type qu'une liaison linéaire mais les valeurs des paramètres (raideur, frottement, longueur) ainsi que l'état des variables à un instant donné dépendent de conditions.

Ces conditions, ou conditions de changement d'état de la liaison sont :

AUGMENTATION

DIMINUTION

CHANGEMENT DE SIGNE

SUPERIEUR ou INFÉRIEUR à un seuil

CONDITIONS EXTERIEURES (clavier de fonctions,...). Celles ci permettent d'intégrer des conditions en provenance soit de l'utilisateur, en cours de jeu, soit en provenance d'autres systèmes.

Ces conditions peuvent porter sur :

les variables d'entrée de position de la liaison,

la longueur courante,

l'élongation,

les vitesses relatives.

En fait, compte tenu de la discrétisation spatiale, ces conditions se déroulent en 2 temps et portent, non pas seulement sur des valeurs, mais aussi sur des plages de proximité autour de ces valeurs.

La figure II.12 montre un exemple de liaison conditionnelle de proximité.

La condition porte sur la distance entre 2 éléments entre 2 lignes.

Ces éléments sont les plus délicats à implanter : ils doivent être assez généraux; de ce fait, ils s'éloignent de la référence physique et leur relation sémantique à l'ensemble du langage est plus délicate à définir.

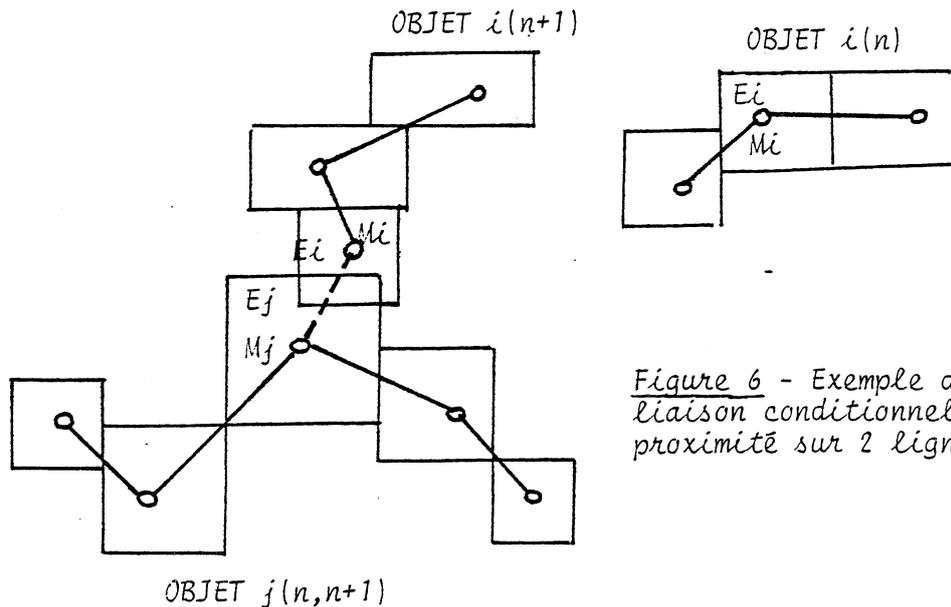


Figure 6 - Exemple de liaison conditionnelle de proximité sur 2 lignes.

$$\begin{aligned}
 \forall i,j \quad E_i \cap E_j = 0 &\implies \text{non liaison} \\
 \exists i,j \quad E_i \cap E_j = 0 &\implies \text{liaison possible entre } M_i \text{ et } M_j \\
 &\text{test sur la longueur } M_i, M_j \\
 L(M_i, M_j) < S_1 &\implies \text{liaison } M_i, M_j \\
 L(M_i, M_j) > S_2 &\implies \text{non liaison}
 \end{aligned}$$

Figure II.12 - Liaison conditionnelle de proximité

II.3.3.6. Les liaisons dégénérées

Ce sont des éléments qui fournissent une force, mais qui ont un formalisme différent du précédent.

ATTRACTION TERRESTRE : La force fournie n'est pas fonction de la position.

Paramètre : G, valeur de l'accélération de pesanteur,

Argument : élément matériel sur laquelle elle s'applique.

MOTEUR : Il fournit une force ou un couple constant.

II.3.3.7. Les primitives de contrôle de paramètres

Primitive de contrôle externe (CEP)

Les voies non rétroactives du canal d'entrée peuvent servir à la modification quantitative en temps réel de l'objet simulé. Il s'agit donc de la modification par un geste des valeurs des paramètres (raideurs, frottements, longueur au repos...) à partir de capteurs analogiques.

Notons que les modifications quantitatives non analogiques (choix, sélection de valeurs...), sont prises en charge, soit par les liaisons conditionnelles (conditions extérieures) si elles doivent intervenir pendant le jeu, soit dans la phase PSQN, après arrêt du calcul.

Arguments : n° entrée gestuelle (voie et canal), type de paramètre à contrôler, élément mécanique concerné,

Paramètres : calibrage des coefficients.

Primitive de contrôle interne (CIP)

Il s'agit de permettre le contrôle des paramètres par des variables de calcul (positions, forces...).

Ceci permet d'obtenir des comportements complexes et non linéaires (exemple : variation de la raideur en fonction de la longueur courante...).

Arguments : paramètre et élément mécanique à moduler, élément matériel et variable (force ou position) de modulation.

II.3.3.8. Les primitives de visualisation temps réel

Nous avons décrit au paragraphe II.1.3. les problèmes soulevés par la visualisation temps réel. Rappelons que celle-ci est, par définition, synchrone d'un processus extérieur (ici acquisition des entrées gestuelles, à 100 Hz en standard pour l'échantillonnage gestuel). Ces problèmes sont plus proches de ceux rencontrés en simulation que de ceux rencontrés en synthèse d'images ou en interactivité graphique.

Dans ce contexte, l'image se décompose usuellement en deux parties : une partie dont les modifications seront lentes (fond, légendes...), voire statiques, une partie entièrement modifiée au rythme imposé (100 Hz).

L'image sera donc de complexité (en terme de charge d'écran) réduite.

Les parties statiques de l'image, qui n'interviennent pas dans la boucle temps réel, sont affichées avant le calcul et le jeu, une fois pour toutes, pour une séquence expérimentale de jeu donnée.

La visualisation temps réel a pour fonction :

* de faire correspondre les variables de simulation et les grandeurs graphiques,

* de produire l'image à visualiser. Pour cela, les grandeurs graphiques obtenues doivent être traitées. Ce traitement comprend le changement de format des données, la génération de la liste de visualisation, les calculs correspondant au fenêtrage, la gestion du transfert vers l'unité de visualisation.

POINT : Il crée un point dont les coordonnées sont les composantes de la variable qui lui est affectée.

Exemples : POINT A,masse 4

donne X_A = position X de la masse 4

Y_A = position Y de la masse 4

POINT A,liaison 1,longueur

donne X_A = longueur sur X de la liaison 1

Y_A = longueur sur Y de la liaison 1.

Cet élément établit donc un tableau de correspondance entre des points et des variables.

VECTEUR : Il crée un vecteur à partir soit des points précédemment définis, soit à partir de variables mécaniques.

Exemples : VECTEUR 1,point A,point B

VECTEUR 1,liaison 1

donne un vecteur correspondant à la liaison 1

(extrémités de la liaison = extrémités du vecteur.

On peut ainsi mailler visuellement l'objet de manière quelconque.

II.4. IMPLANTATION DE LA SIMULATION

La simulation s'exécute sur 2 machines, un micro-calculateur LSI 11-02 (que nous nommerons usuellement LSI), doté de périphériques pour le temps réel tels que des cartes d'acquisitions et une horloge programmable et un calculateur spécialisé pour les calculs rapides (processeur vectoriel AP 120B, que nous nommerons usuellement AP) dont la rapidité est évaluée à 12 Mflops.

Le système temps réel est constitué de 3 parties :

- * les entrées/sorties gestuelles, qui s'exécutent dans le LSI 11/02,
- * les éléments de simulation mécanique, qui s'exécutent dans le processeur spécialisé AP 120,
- * la visualisation temps réel.

Par ailleurs, c'est sur le calculateur LSI 11 que s'exécutent les tâches de dialogue et de définition ou de modification des objets simulés.

La figure II.13 décrit la répartition des tâches.

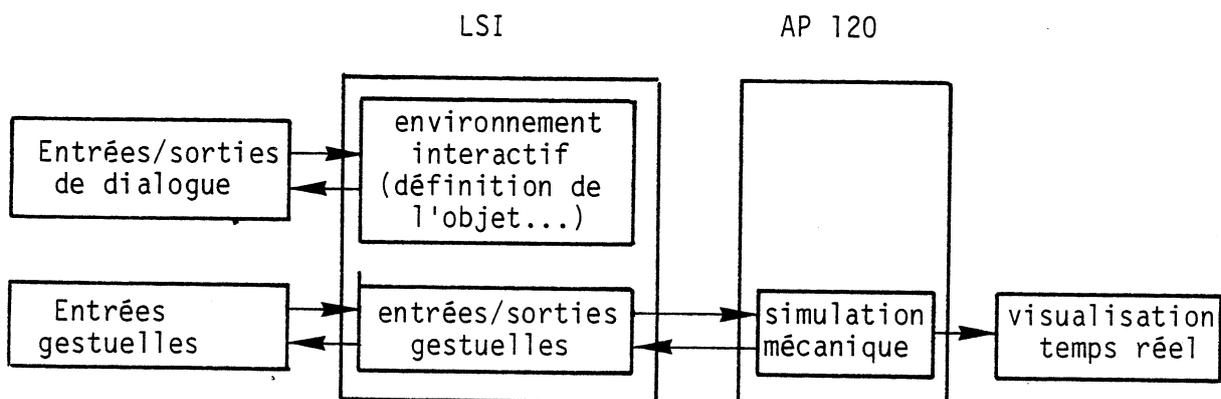


Figure II.13 - Répartition des tâches

II.4.1. STRUCTURE DU LOGICIEL DE SIMULATION

Après la définition de l'objet dans les différentes phases de prestructuration de ANIMA et avant d'entrer dans la phase de jeu en temps réel, doivent s'effectuer les tâches de préparation des données et des programmes dans des formats imposés par les contraintes du temps réel.

La préparation à la simulation consiste :

- * dans le chargement des programmes respectifs dans le LSI et dans l'AP.
- * en la transformation des données utilisateurs (paramètres mécaniques...) en données internes de calcul,
- * dans le chargement de ces données respectivement dans le LSI et dans l'AP,

II.4.1.1. Organisation des programmes :

Le programme "AP" est chargé dans celui-ci par une procédure autonome et transparente, dès l'entrée dans le système ANIMA, par l'intermédiaire d'un fichier de commande qui charge simultanément le système ANIMA complet dans le LSI et la partie "procédures de simulation" dans l'AP.

Le programme AP comprend les procédures de communication avec le LSI, les procédures de simulation ainsi qu'un appel paramétré à celles-ci.

Le programme LSI comprend la programmation des horloges, les transferts AP/LSI, et les entrées/sorties gestuelles.

PROGRAMME "AP"

Procédures communication LSI :

- accès direct mémoire (DMA) pour les données gestuelles,
- synchronisation LSI,
- détermination de la fréquence de calcul N,
- détermination de la fréquence d'affichage P,

Procédures de simulation :

- éléments matériels,
- éléments de liaison,
- éléments de visualisation,

Appel des procédures

- test synchro
- DMA données gestuelles,
- appel des procédures de simulation
- attente synchro.

PROGRAMME LSI

Programme d'interruption horloge
contrôle synchronisation LSI
Transfert des données de gestes LSI/AP120
entrées/sorties gestuelles

II.4.1.2. Organisation des données :

Les données et la structuration des données indispensables au logiciel d'édition d'une structure ne correspondent pas directement à celles qui sont nécessaires au calcul de la simulation.

Les premières sont conçues pour répondre à une représentation de l'univers utilisateur : structuration graphique, paramètres manipulables dans un dialogue homme-machine, transformation minimale entre les données en mémoire et celles affichées, accès rapide aux données...

Les données manipulées par la simulation sont des coefficients de calcul d'équations aux différences et des adresses absolues dans la mémoire AP. La structuration de ces données dans le LSI doit surtout permettre le transfert rapide entre les 2 processeurs. Par ailleurs, ces dernières ne figurent pas en permanence dans le LSI : elles ne sont calculées et mises en forme pour le transfert que lorsque l'utilisateur demande à entrer en phase de jeu, ceci pour minimiser l'occupation mémoire et réduire le temps de réponse au niveau du dialogue.

Un programme d'interface LSI-AP traite :

- * du calcul des données de calcul,
- * du calcul des adresses AP,
- * de la mémorisation temporaire des données suivant le mode de transfert (pupitre, DMA).

Une fois ces données mises en forme pour le calcul, elles sont organisées par blocs pour le transfert DMA dans l'AP, AP arrêté (hors calcul). L'organisation de ce buffer tampon dans le LSI est de même nature que l'organisation de la mémoire de donnée AP du point de vue de la

contigüité des blocs. Le transfert s'effectue par petits paquets, par type de paramètres ou par type d'éléments selon la configuration choisie pour la mémoire de données AP.

Un bloc de transfert est défini pour chaque type d'élément à transférer dans l'AP (élément Masse, élément liaison pure ...etc...).

Les éléments du bloc sont de type mixte réel ou entier.

II.4.1.3. Organisation des mémoires AP

L'organisation des mémoires de l'AP doit répondre aux objectifs suivants:

- * rapidité de calcul pour la simulation de l'objet,
- * possibilité de modification qualitative en temps réel de l'objet,
- * optimisation de la taille mémoire : en effet, même dans le meilleur des cas, les mémoires de données et de programme d'un processeur vectoriel sont très limitées et ne peuvent permettre sans précautions, le calcul de structures complexes.

3 types de données constituent la mémoire de données de l'AP :

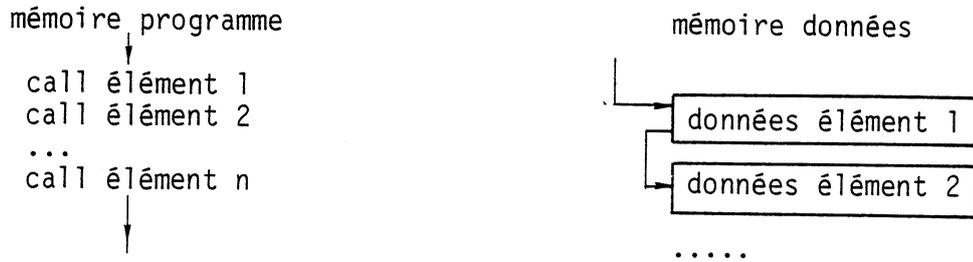
* L'ensemble des vecteurs de paramètres pour les éléments de simulation : cet ensemble est chargé par le LSI à l'initialisation d'une simulation et peut être mis à jour par le LSI ou l'AP lors de modification d'objets en temps réel. Cet ensemble est donc modifié relativement peu souvent. Il peut être volumineux, et la modification doit être rapide.

* L'ensemble des tampons d'entrées/sorties. Il comprend les tampons pour les entrées/sorties lentes (en provenance ou à destination du LSI) et les tampons pour les sorties rapides (à destination de l'interface pour la visualisation temps réel).

* L'ensemble des données de travail des algorithmes de simulation. Le contenu de cet ensemble est transparent pour le LSI. Cependant son (ou ses) adresse(s) doit être connue pour éviter les éventuels conflits de mémoire.

3 configurations pour la mémoire de programme et la zone des paramètres peuvent être envisagées :

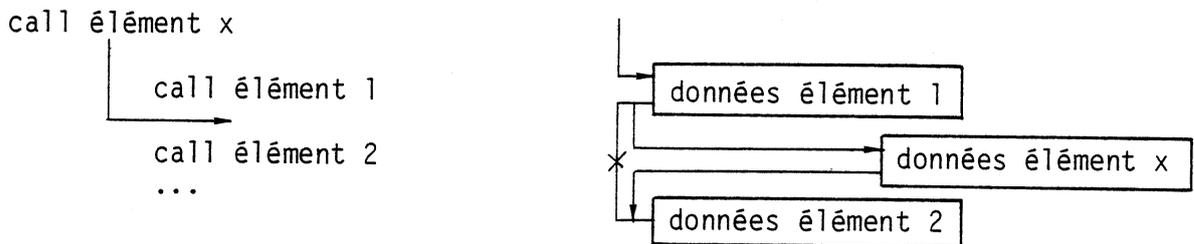
Configuration 1 :



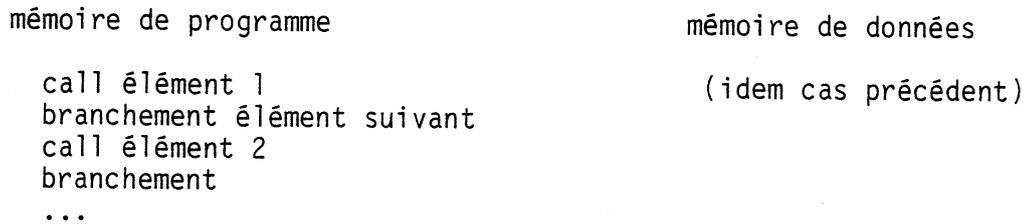
La boucle de calcul fait les appels consécutifs aux procédures de calcul des éléments qui constituent l'objet à simuler. Les données sont adressées par chainage.

L'ajout ou la suppression d'un élément, c'est à dire d'un appel à une procédure, revient à une translation de la séquence de code et une mise à jour du chainage des données.

Exemple "ajout" :



Configuration élément 2 :



L'appel à une procédure est précédé d'une instruction de saut. Un ajout ou une suppression d'un élément s'effectuent par le mise à jour des déplacements dans les instructions de saut. Une gestion des cases mémoires libérées est alors nécessaire.

Remarque : Ces 2 configurations, correspondant à des méthodes de programmation courantes, sont lourdes, aussi bien du point de vue des temps d'exécution que des occupations mémoires et ne sont pas adaptées à la programmation d'un processeur vectoriel.

Configuration 3 :

La mémoire de programme contient les appels à tous les éléments de ANIMA. La mémoire de données contient pour chaque élément les paramètres correspondant à la multiplicité souhaitée pour chacun des éléments.

Le calcul s'effectue sur tous les éléments de ANIMA, en balayant la totalité de la mémoire de données.

Pour une séquence de jeu, si l'on suppose que l'utilisateur connaît, non seulement l'objet sur lequel il va jouer en premier, mais si l'on admet qu'il peut également déterminer ce que nous pourrions appeler son "champ d'exploration instrumentale", c'est à dire la complexité maximum et le type d'objets sur lequel il va travailler par modification de structure, - s'il peut, par exemple, préciser au préalable le nombre de masses totales, de liaisons totales, qu'il est susceptible d'utiliser - sans souhaiter sortir de la phase de jeu, alors, la structuration optimum consiste à figer, pour cette séquence, et la mémoire de données et le programme de calcul.

La mémoire de données est décomposée en zones de taille fixe : N_m masses, N_{11} liaisons type 1, N_{12} liaisons de type 2 ...etc..., (N_m , N_{11} , N_{12} sont donnés par l'utilisateur et déterminent son champ d'exploration instrumental).

Le programme effectue systématiquement le calcul sur la totalité des éléments prévus, c'est à dire sur la totalité de la mémoire de paramètres, les paramètres correspondants à des éléments inexistant dans la simulation courante auront des valeurs telles qu'ils n'auront pas d'effet sur la simulation.

La modification qualitative de structure se ramène ainsi à une modification quantitative de paramètres. Par ailleurs, les données sont organisées contiguement en mémoire et permettent l'optimisation de la

vectorisation. Enfin, pour un champ d'exploration instrumental donné, le temps de calcul est constant, puisqu'il s'effectue toujours sur un objet de complexité fixe.

C'est cette configuration qui a été implantée.

Exemple : Pour une expérience d'au plus N_m masses, N_l liaisons pures, N_v vecteurs, on décrit ci-dessous le cas d'un objet, appelé "objet 1", constitué de 3 masses, 4 liaisons pures et 2 vecteurs, que l'on va modifier, en temps réel en un autre objet, appelé "objet 2", contenant 4 masses, 2 liaisons pures et 3 vecteurs. La modification de structure consiste à transférer les nouvelles valeurs des paramètres de la masse 4 (M_4), des liaisons 3 et 4 (0), du vecteur 3 (V_3).

Mémoire de programme

```

...
calcul de  $N_m$  masses
calcul de 0 sols
...
calcul de  $N_l$  liaisons pures
calcul de 0 étoiles
...
calcul de  $N_v$  vecteurs
    
```

Mémoires données

	objet 1		objet 2													
Masse Multiplicité max N_m	<table border="1"> <tr><td>M1</td></tr> <tr><td>M2</td></tr> <tr><td>M3</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	M1	M2	M3	0	0	...	} masses utiles	<table border="1"> <tr><td>M1</td></tr> <tr><td>M2</td></tr> <tr><td>M3</td></tr> <tr><td>M4</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	M1	M2	M3	M4	0	...	
M1																
M2																
M3																
0																
0																
...																
M1																
M2																
M3																
M4																
0																
...																
Liaisons pures Multiplicité max N_l	<table border="1"> <tr><td>L1</td></tr> <tr><td>L2</td></tr> <tr><td>L3</td></tr> <tr><td>L4</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	L1	L2	L3	L4	0	0	...	} liaisons utiles	<table border="1"> <tr><td>L1</td></tr> <tr><td>L2</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	L1	L2	0	0	0	...
L1																
L2																
L3																
L4																
0																
0																
...																
L1																
L2																
0																
0																
0																
...																
Vecteurs Multiplicité max N_v	<table border="1"> <tr><td>V1</td></tr> <tr><td>V2</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	V1	V2	0	0	...	} vecteurs utiles	<table border="1"> <tr><td>V1</td></tr> <tr><td>V2</td></tr> <tr><td>V3</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	V1	V2	V3	0	...			
V1																
V2																
0																
0																
...																
V1																
V2																
V3																
0																
...																

II.4.2. REPARTITION DES TACHES ET SYNCHRONISATION POUR LE TEMPS REEL

II.4.2.1. Tâche "temps réel" du LSI

Elle comprend :

- * l'acquisition (resp. le retour) sur les capteurs (resp. les moteurs) d'entrées (resp. sorties),
- * le calibrage des valeurs acquises (et retournées) en fonction des unités et des échelles données dans le mode PDV par l'utilisateur,
- * le transfert de ces données du LSI dans l'AP 120 (ou de l'AP 120 dans le LSI).
- * le traitement et le stockage éventuel de ces valeurs.

Les transferts LSI/AP sont des transferts DMA pilotés par l'AP. Ils sont très rapides.

Le traitement en temps réel consiste en un prétraitement simplifié des informations dans l'unique but de condenser un peu les informations afin de ne pas saturer trop vite le média de stockage. Les traitements évolués s'effectueront à posteriori, à partir de ces fichiers de gestes, hors phase simulation.

Pour chaque canal, on effectue un codage temporel : à chaque canal est associé un tableau d'échantillons par voies et un tableau de temps. Dans les premiers, on stocke la valeur de l'échantillon et dans le second sa durée. Le stockage sur disque en temps réel demande l'écriture de procédures rapides spécialisées.

II.4.2.2.. Synchronisation des entrées/sorties gestuelles, de la simulation et des sorties visuelles

Le problème qui se pose en premier lieu est le choix des fréquences d'échantillonnage.

Pour l'acquisition des entrées gestuelles, une fréquence comprise entre 0 et 100 Hz est suffisante. Cependant, pour un meilleur fonctionnement des transducteurs gestuels rétroactifs (stabilité, temps de réponse...), il est souhaitable que les informations de retour d'effort puissent être transmises jusqu'à 500 et même 1 KHz.

En ce qui concerne le choix des fréquences de calcul, seule une détermination expérimentale est aujourd'hui possible. On peut supposer que celles-ci n'excéderont pas 2 ou 3 KHz, puisqu'il s'agit de phénomènes visibles donc "lents". Cependant, le système a une fonction expérimentale. Les questions que nous nous posons et qu'il doit permettre de résoudre sont du type suivant : à partir de quelles valeurs de paramètres mécaniques, un objet est perçu comme étant très rigide, et quelle doit être alors la fréquence de calcul nécessaire.

En ce qui concerne les sorties visuelles, le problème est également complexe. Les deux questions les plus délicates sont :

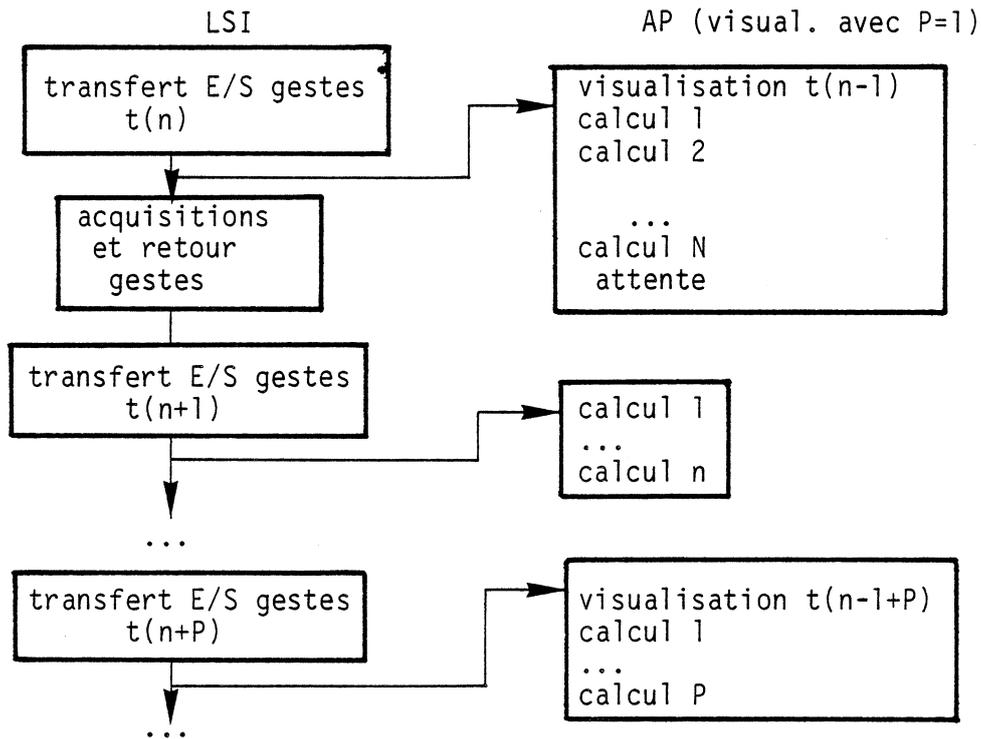
- * Comment représenter des phénomènes rapides et quelle doit être la relation entre le processus de génération, lui-même échantillonné et le processus de représentation,
- * Comment éviter les phénomènes stroboscopiques (aliasing temporel) introduits par l'existence de 2 fréquences d'échantillonnage.

Afin de pouvoir tester indépendamment ces différentes questions et disposer d'un système permettant les expérimentations, nous avons choisi d'implanter un système où les fréquences d'échantillonnage des différentes parties peuvent se définir indépendamment.

C'est le LSI qui génère la synchronisation, à partir de son horloge. Entre chaque top d'horloge, s'effectuent :

- * sur le LSI, une entrée/sortie sur la totalité des transducteurs intervenant dans la simulation et la communication avec l'AP 120,
- * N boucles de calcul (N programmables) dans l'AP 120,
- * P images transmises pour l'affichage.

On a le diagramme suivant :



Si T_h est le temps séparant 2 tops d'horloge LSI, T_c le temps nécessaire à l'AP pour calculer l'objet à un instant donné, T_h doit être supérieur ou égal à $N \times T_c$. T_c est variable avec l'objet. Le concepteur du modèle doit donc être attentif aux valeurs de T_h et N pour un bon fonctionnement de la simulation. Des outils de contrôle lui seront donnés ultérieurement.

L'organigramme correspondant à la structure implantée est le suivant (Figure II.14) :

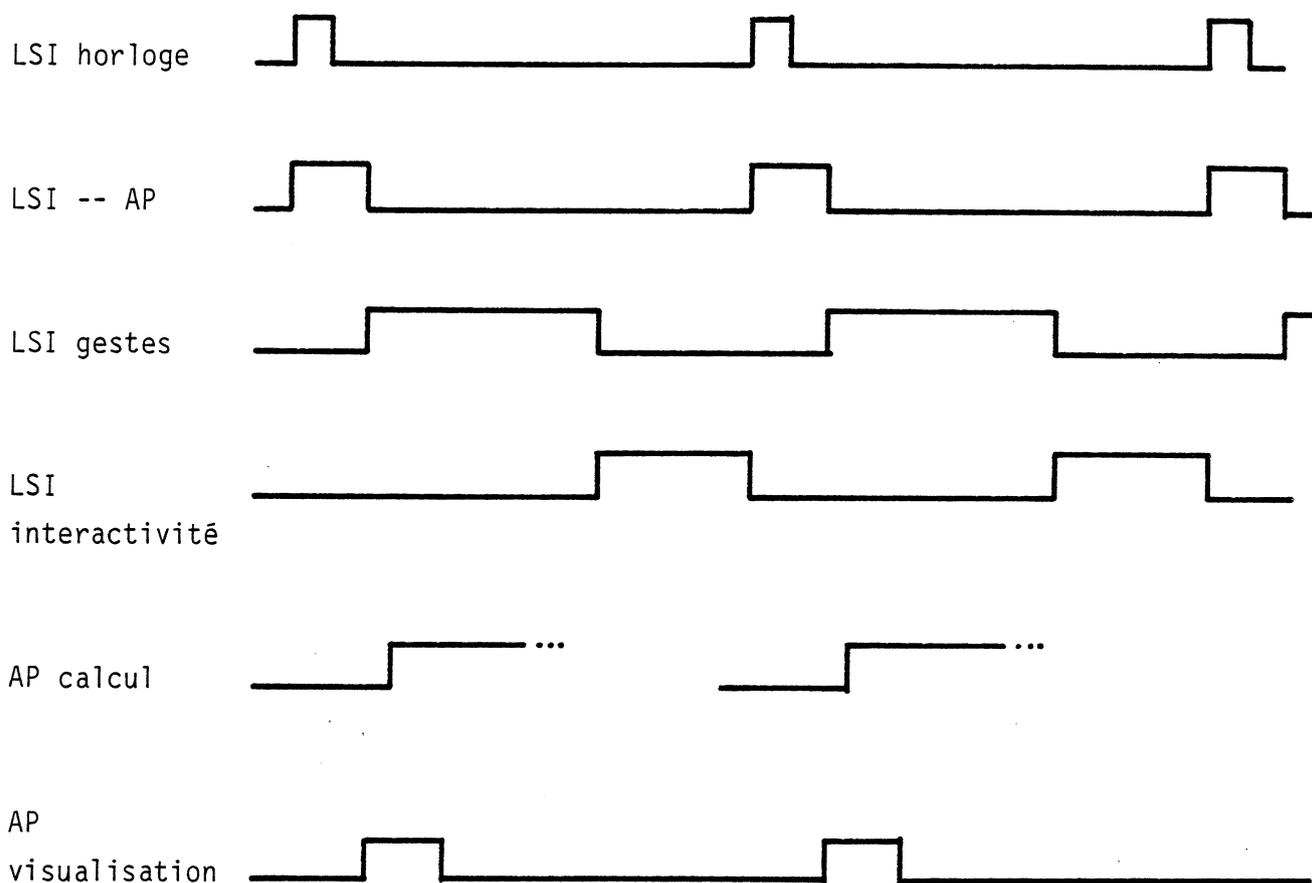


Figure II.14 - L'enchaînement temporel des processus

II.4.2.3. Relation entre la boucle de simulation et l'environnement interactif

L'impératif de pouvoir modifier l'objet en temps réel suppose que l'environnement interactif qui permet le dialogue - et donc la modification des objets - et la simulation puissent s'exécuter simultanément. Dans notre cas, le programme d'interactivité se déroule dans le LSI et il doit s'exécuter simultanément avec la tâche temps-réel qui s'exécute également dans le LSI (entrées/sorties gestuelles, communication avec l'AP 120). Pour ce faire, la tâche temps-réel qui s'effectue dans le LSI est un programme d'interruption de l'environnement interactif, déclenché, comme nous l'avons dit précédemment, par l'horloge LSI. Ce fonctionnement suppose que cette tâche s'exécute à T_r , avec T_r inférieur à T_h .

II.4.2.4. Fonctionnement en temps différé

Il y a 2 types de fonctionnement en temps différé :, un mode "temps réel ralenti" et un mode "temps différé vrai".

Dans le mode temps réel ralenti, la boucle de calcul est identique à celle fonctionnant en temps réel. Mais elle fonctionne "au ralenti". Ce mode permet de calculer des objets plus complexes tout en conservant un contrôle gestuel. Celui-ci est cependant modifié puisqu'il ne peut en effet y avoir de retour gestuel. Par ailleurs, l'action doit s'effectuer au ralenti.

Dans le mode temps différé vrai (Figure II.15), il n'y a plus d'acquisitions gestuelles. L'animation s'effectue à partir d'actions gestuelles mémorisées dans une expérience antérieure. Il n'y a évidemment pas de retour gestuel.

La visualisation peut s'effectuer soit sur l'écran temps réel, soit sur d'autres dispositifs fonctionnant en temps différé : écran de visualisation standard, table traçante, reprise sur film, ou stockage de la séquence d'image sur disque.

La synchronisation de la boucle de calcul est alors contrôlée, non plus par les entrées/sorties gestuelles, mais par les dispositifs ou processus extérieurs de sortie :

- * Fin de l'enregistrement d'une image par la caméra et positionnement du film,
- * fin du tracé d'une image sur la table traçante et positionnement du papier,
- * Buffer tampon pour l'enregistrement sur disque plein.

Les images envoyées sur d'autres supports que l'écran temps réel doivent alors transiter par le LSI.

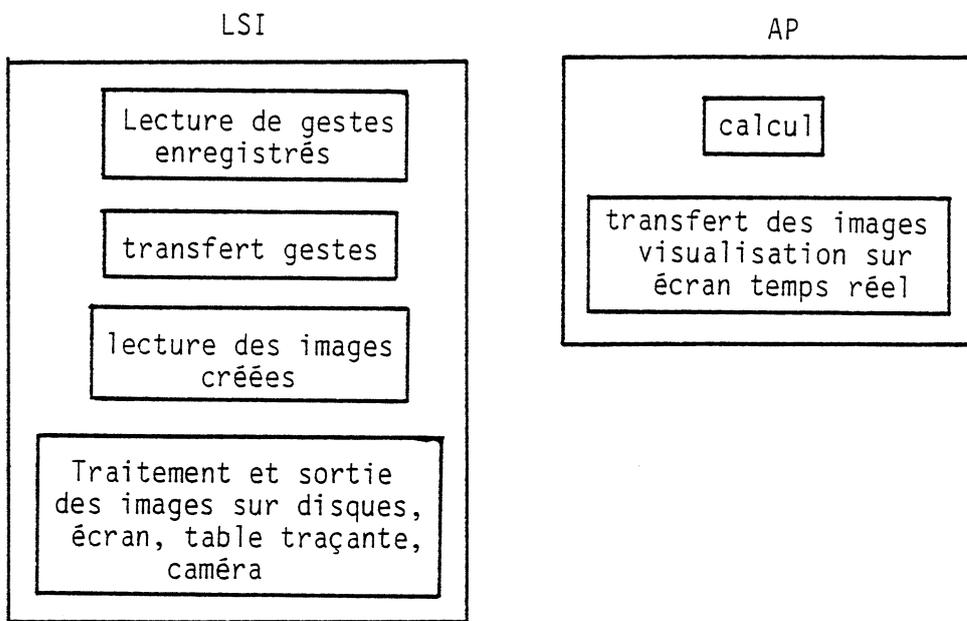


Figure II.15 - Fonctionnement en temps différé

II.4.3. EXTENSIONS DU SYSTEME DE SIMULATION POUR LES SORTIES SONORES

Obtenir un son par simulation mécanique de l'instrument constitue une partie importante des travaux de recherche menés dans notre équipe. Ces travaux ont abouti à la réalisation d'un outil de création de sons musicaux par simulation mécanique de l'instrument et par contrôle gestuel, en temps réel : le système CORDIS (CADOZ 79/81/82/83).

L'introduction du son dans ANIMA reprend ces travaux.

Le système CORDIS et le système ANIMA sont construits sur les mêmes principes : * description modulaire de l'objet à l'aide d'un langage d'assemblage d'éléments mécaniques; dans CORDIS, cet objet est l'instrument;

- * simulation en temps réel de l'objet construit;
- * contrôle gestuel de l'objet simulé.

Par ailleurs, le langage de description des objets ainsi que les algorithmes de simulation sont de même nature :

- * combinaison d'éléments matériels et d'éléments de liaison,
- * équations aux différences déduites des équations de la mécanique classique.

Seules diffèrent les fréquences de calcul et la dimensionnalité des éléments :

- * pour le son, les calculs s'effectuent entre 20 et 40 KHz; les objets ont 1 degré de liberté;

- * pour l'image, les calculs s'effectuent entre 20 et 500 Hz; les objets ont au moins 2 degrés de liberté.

Dans les 2 cas, le geste est échantillonné à une fréquence comprise entre 20 et 500 Hz.

Moyennant une adaptation des fréquences de calcul et de la dimensionnalité des variables, nous pourrions donc raccorder les 2 systèmes et produire simultanément des sons et des images, par un même objet, manipulé par un même geste.

Nous n'avons pas abordé d'une manière générale la connexion des 2 systèmes. Nous avons simplement introduit dans ANIMA l'élément le plus spécifique de CORDIS, l'élément "cellule". Il s'agit d'un élément composé comprenant une masse, reliée au sol par un ressort-frottement. Il s'agit d'un élément vibrant élémentaire, qui produit un signal de position en sinusoïde amortie, en réponse à une impulsion de force (Figure II.16).

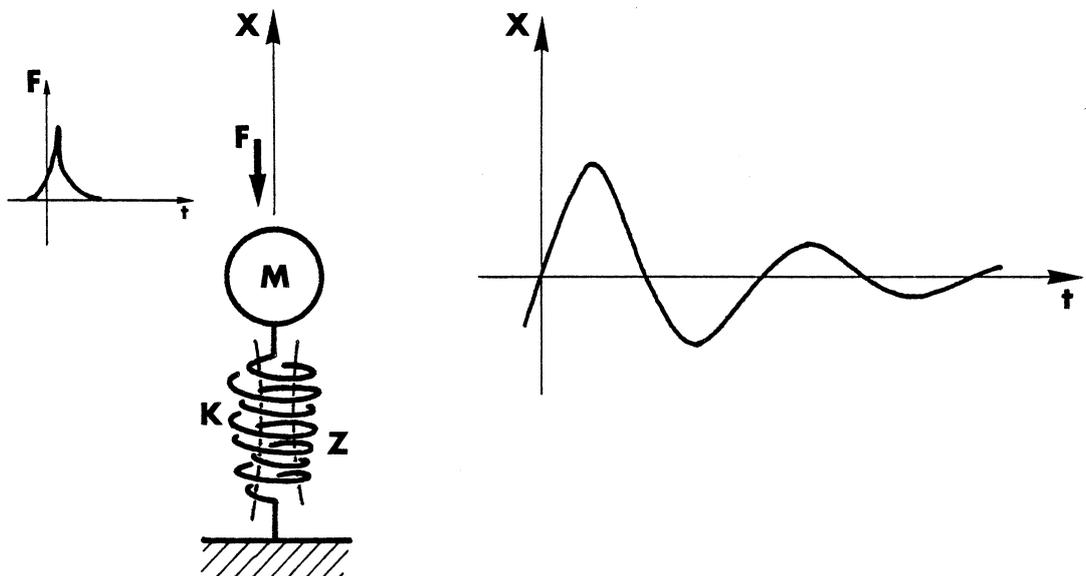


Figure II.16 - Cellule CORDIS

Relation entre les fréquences de calcul :

Dans la simulation d'un objet ou d'une scène où interviennent les éléments producteurs de sons et des éléments producteurs d'images, il est intéressant de distinguer 2 cas, selon que l'ensemble à simuler est simple ou complexe. Si l'ensemble à simuler est simple, c'est à dire si le nombre d'éléments est suffisamment faible pour que les moyens de calcul puissent assurer le fonctionnement en temps réel de tous les éléments à une même fréquence rapide imposée par les éléments qui produisent le son, alors le calcul se déroule suivant l'organigramme donné à la figure II.17 :

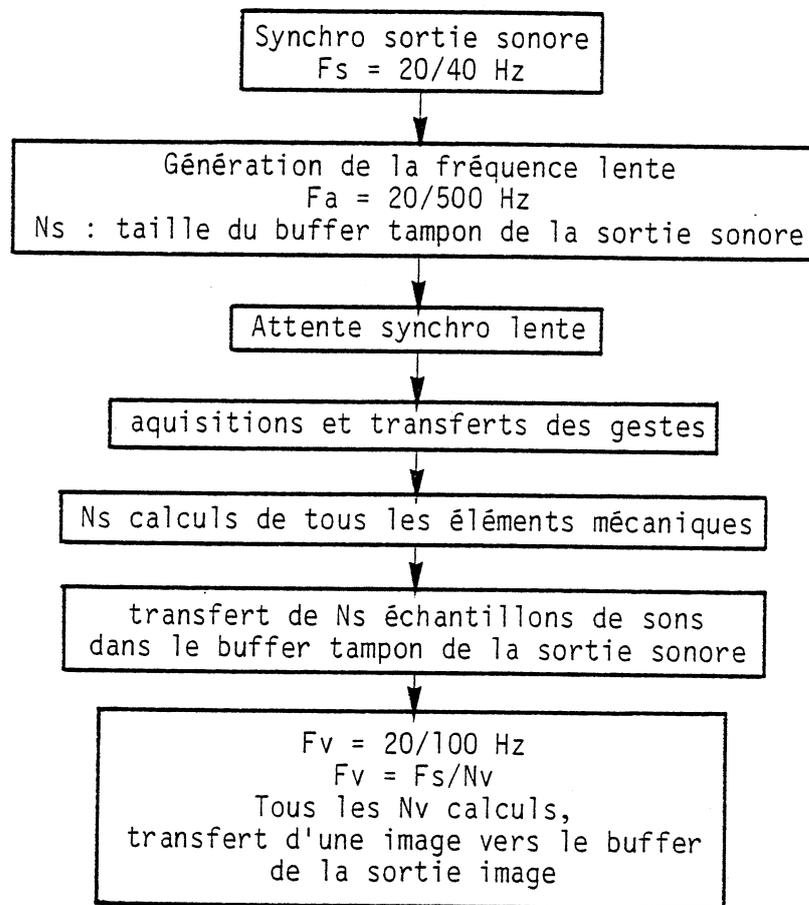


Figure II.17 - Organigramme Image/geste/son/ pour des scènes simples

Si l'ensemble à simuler est complexe, c'est à dire dès que les moyens de calcul se révèlent trop lents, nous devons scinder le calcul en 2 parties : une partie où sont calculés les éléments sonores à une fréquence rapide; une partie où seront calculés les éléments pour l'image, à une fréquence lente. On a l'organigramme suivant (Figure II.18) :

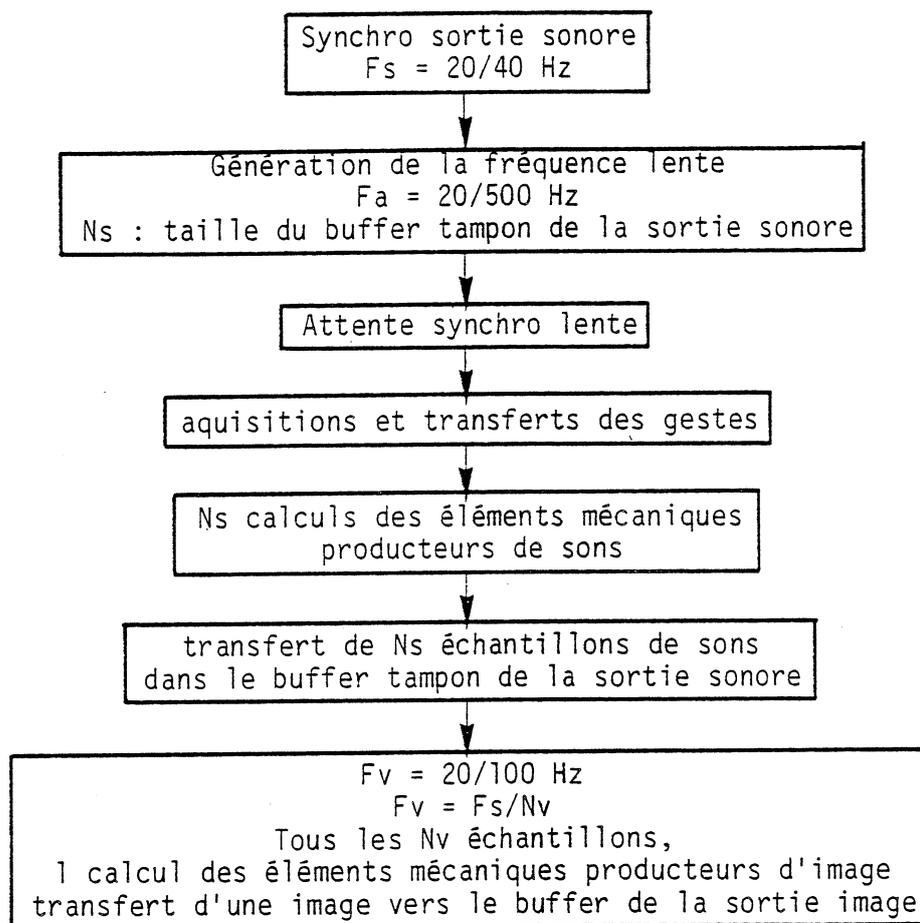


Figure II.18 - Organigramme Image/geste/son/ pour des scènes complexes

Un bon fonctionnement de cette structure dans le cas général suppose l'introduction d'un filtre numérique chaque fois qu'un élément lent et qu'un élément rapide sont connectés, qui assure le filtrage des variables qui transitent d'un élément à l'autre (Berberyan 80)

Adaptation de la dimensionnalité des objets :

Dans le cas le plus général, les objets producteurs de sons et d'images sont de même dimensionnalité. Le signal sonore résultant, unidimensionnel, s'obtient par combinaison des vibrations obtenues dans chaque dimension.

Nous n'avons pas étudié ce cas général. La cellule de CORDIS est un élément unidimensionnel, les éléments de ANIMA sont bidimensionnels.

La connexion entre ces 2 types d'éléments s'effectue de la manière suivante : La cellule CORDIS est un élément matériel. Elle reçoit une force et produit une position. La force appliquée sur la cellule est une combinaison linéaire des forces (F_x , F_y) de l'élément de liaison ANIMA qui la connecte à l'objet. La position produite par la cellule n'est pas utilisée par cet élément de liaison. Elle est utilisée uniquement pour produire le son.

CHAPITRE III

L'ENVIRONNEMENT POUR LA DESCRIPTION INTERACTIVE DES OBJETS DANS ANIMA

La figure III.1 donne les fonctions de l'environnement interactif pour ANIMA.

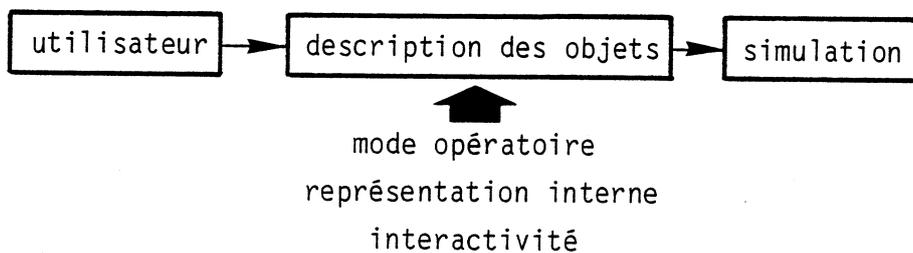


Figure III.1 - Fonctions de l'environnement interactif

III.1. LE MODE OPERATOIRE

III.1.1. DESCRIPTION DE LA SCENE ET JEU

L'utilisateur doit pouvoir :

- * décrire les objets élément par élément,
- * les expérimenter, quand il le souhaite, c'est à dire, qu'à chaque instant pendant la construction des objets, il doit pouvoir les animer en temps réel par un geste.

Les deux états principaux de ANIMA sont donc (Figure III.2) :

- * description et modification interactive de l'objet
- * "jeu" c'est à dire manipulation en temps réel.

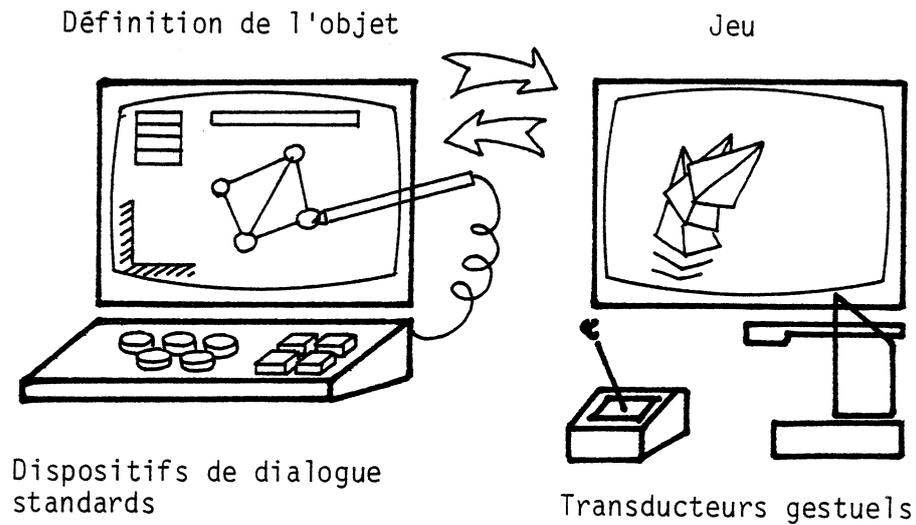


Figure III.2 Le mode opératoire dans ANIMA

III.1.2. LA SCENE

Avant de pouvoir jouer, l'utilisateur doit décrire un ou plusieurs objets manipulables, plus généralement une scène, composée des objets et de leur environnement.

Description des objets :

ANIMA décompose les objets en "forme" et "matière".

La forme se définit à partir de l'agencement spatial et topologique des éléments mécaniques du langage de modélisation : éléments matériels et éléments de liaisons. On peut définir une forme "surface", une forme "ligne"... (Figure III.3).

La matière se définit en donnant des valeurs aux paramètres des éléments mécaniques : valeur des masses, des élasticités, des frottements.

Les raisons de cette décomposition sont les suivantes :

- * on peut ainsi modifier la forme de l'objet sans changer sa matière,
- * on peut modifier la matière de l'objet sans changer sa forme.

Ce cas n'a pas vraiment d'équivalent dans notre univers réel, où la matière est moins facilement modifiable que la forme. Cependant, en plus de son intérêt pour la création, son intérêt pragmatique réside dans la mise au point des modèles.

* Par modification de matière, on peut passer continûment d'une forme à une autre et permettre, bien que cette méthode ne soit pas générale, d'effectuer certaines transformations, ou transmutations d'objets, continues et contrôlables par un geste.

Forme "Ligne"



Forme "Surface"

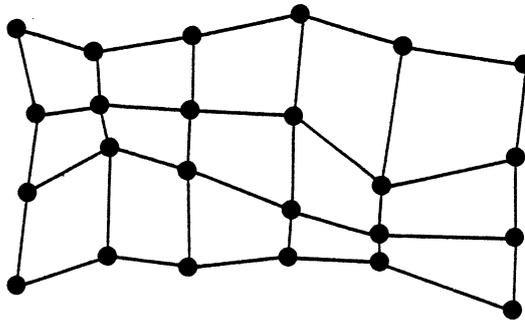


Figure III.3 - Différentes formes d'objet

En fait, les transmutations ne peuvent, dans la plupart des cas, être contrôlées par un geste de manipulation, car celui-ci suppose une certaine conservation topologique.

D'une manière plus générale, les transmutations s'obtiendront par modification de la forme, en ayant défini au préalable différents états pour celle-ci. Dans ce cas, le geste est un simple geste de sélection qui introduit la forme voulue à l'instant voulu, au cours du jeu.

La figure III.4 donne les différents types d'intervention sur l'objet.

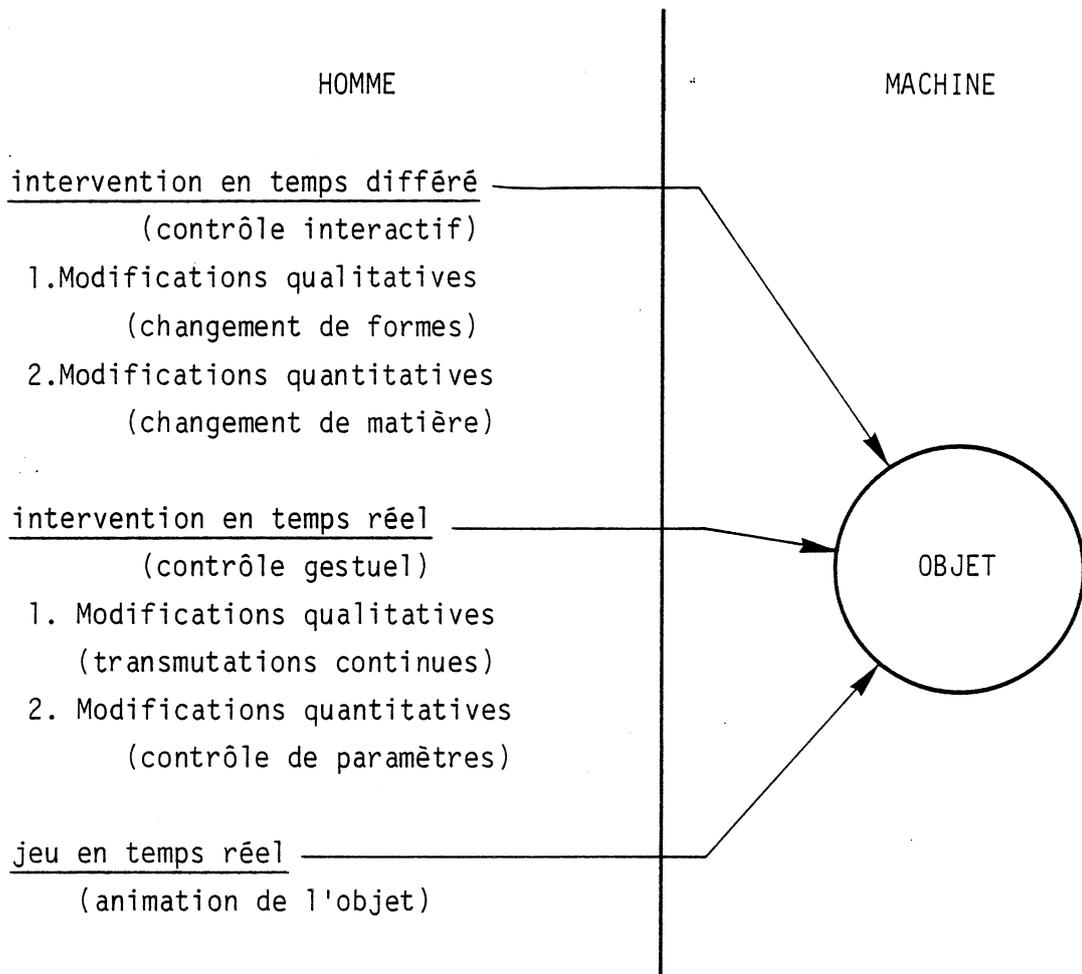


Figure III.4 - Différents types d'intervention sur l'objet

Description de l'environnement

L'environnement comprend :

- * un point de vue :
 - définition de l'espace dans lequel se trouvent les objets,
 - définition de la portion observable de cet espace.
 - position de l'utilisateur par rapport à cette fenêtre d'observation
- * un contexte pour l'exécution du jeu
 - configurations pour les entrées/sorties gestuelles,
 - configurations pour les sorties visuelles et éventuellement acoustiques.

III.1.3. LES MODES PRINCIPAUX DE ANIMA

Il y a 6 modes principaux dans ANIMA V2 :

- SQL..... Structuration Qualitative
 définition de la forme de l'objet
- SQN..... Structuration Quantitative
 définition de la matière de l'objet
- PDO..... points d'observation
- CDE..... configurations des entrées
- CSS..... configurations des sorties
- JEU..... manipulation temps réel

III.1.3.1. Mode SQL

Définir l'objet signifie :

- * donner la description mécanique de l'objet proprement dit, à partir des éléments mécaniques du langage ANIMA,
 - * donner les transducteurs gestuels par l'intermédiaire desquels on va manipuler l'objet :
 - en leur donnant un nom
 - en décrivant leur caractéristiques : nbre de degrés de liberté, rétroactifs ou non, numéros des voies d'entrées et de sorties analogiques,
- puis les coupler à l'objet par les éléments mécaniques d'entrée et de sortie,
- * donner la description géométrique de l'objet et sa représentation visuelle sur l'écran temps réel.

En principe, la description physique des transducteurs gestuels en tant que périphériques du calculateur doit être intégrée dans l'environnement d'exploitation de cet ordinateur sous la forme de logiciels d'entrées/sorties. Comme cela n'est pas encore le cas sur notre système informatique, nous avons dû écrire ces logiciels, et les intégrer, pour l'instant, à ANIMA.

Un objet peut être créé soit de toutes pièces, soit par modification d'un objet existant, soit par l'union de plusieurs objets.

L'UNION d'objets est un cas particulier de la composition d'objets. Elle consiste à fabriquer un nouvel objet qui est constitué de la réunion des constituants élémentaires des objets sources.

Exemple : objet 1 = masse 1, masse 2, liaison (masse 1, masse 2)

objet 2 = masse 1, masse 2, liaison (masse 1, masse 2)

objet 3 = UNION (objet 1, objet 2)

= (masse 1, masse 2, masse 3, masse 4,

liaison (masse 1, masse 2),

liaison (masse 3, masse 4))

avec masse 1 = masse 1 de l'objet 1

masse 2 = masse 2 de l'objet 1

masse 3 = masse 1 de l'objet 2

masse 4 = masse 2 de l'objet 2

Comme il apparaît dans l'exemple ci-dessus, les conflits qui peuvent se poser lors d'une fusion portent spécifiquement sur les noms des éléments de l'objet résultant à partir de ceux des objets sources. L'opération d'union doit régénérer les étiquettes des composants.

Un objet est répertorié par un nom. Il est archivé dans un fichier nom/objet.STR (STR comme structure) et est associé à des environnements archivés dans des fichiers nom/objet.EVR (EVR comme environnement).

L'objet peut être consulté par affichage de ses diverses représentations sur un écran ou sur une sortie papier.

III.1.3.2. Mode SQN

Définir la matière de l'objet signifie déterminer :

* les valeurs des masses, des ressorts et des frottements,

* les valeurs des paramètres des conditions des liaisons conditionnelles,

* les valeurs des coefficients de calibrage des entrées : choix de la plage de variation des capteurs définis dans les transducteurs gestuels.

Les paramètres sont archivés dans les fichiers nom/objet.STR. On peut les consulter par affichage sur écran ou papier et selon diverses représentations,

- à partir d'un repérage par type de module,
- à partir d'un repérage par type de paramètres,
- par un balayage de tous les paramètres de l'objet.

III.1.3.3. Mode PDO

Il y a trois types de points d'observation:

- *le point d'observation "mécanique", qui définit l'espace dans lequel se trouve l'objet, à partir d'un système d'unités,
- *le point d'observation "spatial", qui situe spatialement l'utilisateur par rapport à l'objet,
- *le point d'observation "temporel", qui situe temporellement l'utilisateur par rapport à l'objet.

III.1.3.3.1. Le point de vue mécanique (POM)

L'utilisateur définit un système d'unités-utilisateur mécaniques; la correspondance avec les unités internes de calcul doit être automatique. Le système de référence est le système MKS et les unités internes sont définies par :

$$1 \text{ MKS} = 1. \text{ UI (Unité Interne en format virgule flottante)}$$

La procédure est la suivante:

- l'utilisateur décrit son système d'unités dans la base MKS.
- on calcule les coefficients d'échelle pour les variables d'entrée et de sortie et pour tous les types de paramètres, en respectant les équations aux dimensions.

Les grandeurs manipulées sont:

- les grandeurs primaires
- les déplacements X
- les masses M
- les temps T
- les grandeurs dérivées
- les forces F
- les raideurs K
- les frottements Z

On a

$$\begin{aligned} \text{Masse interne} &= RM * \text{Masse utilisateur} \\ \text{Raideur interne} &= RK * \text{Raideur utilisateur} \\ \text{Frottement interne} &= RZ * \text{Frottement utilisateur} \\ \text{Force d'entrée interne} &= RF * \text{Force d'entrée utilisateur} \\ \text{Position d'entrée interne} &= RL * \text{Position d'entrée utilisateur} \end{aligned}$$

Parmi les variables primaires, la seule qui implique un calcul au niveau des unités dérivées est la variable TEMPS, car elle n'intervient pas explicitement dans les calculs de simulation.

En effet, si on change l'unité de masse ou de longueur, une fois que les calculs de la masse interne et de la position d'entrée interne sont effectués, la variable de force se trouve automatiquement correctement calibrée.

L'unité de temps T_e est la période d'échantillonnage. Celle-ci intervient sur les coefficients de raideur et de frottement.

Les raideurs et les forces varient en $1/T_e^2$ et les frottements en $1/T_e$.

$$(F) = (M)*(L)^2/(T)^2$$

$$(K) = (F)/(L)$$

$$(Z) = (F)*(T)/(L)$$

Pour conserver l'identité de l'objet lorsque l'on fait varier la période d'échantillonnage, il faut donc multiplier les raideurs et les forces d'entrée par T_e^2 et les frottements par T_e :

$$\text{On a : } RF = T_e^2$$

$$RK = T_e^2$$

$$RZ = T_e$$

III.1.3.3.2. Le point d'observation spatial (POS)

Il nous faut définir la partie de l'espace observée et la position de l'observateur par rapport à cette fenêtre d'observation, sachant que l'objet étant plan, on situera l'observateur perpendiculairement à ce plan. Ce point de vue se définit par les notions classiques de "clôture/fenêtre".

La fenêtre s'exprime en Unités-Utilisateur UU. Celles-ci sont définies dans le mode "point de vue mécanique". On calcule la fenêtre correspondante en UI.

La clôture s'exprime en Unités-Ecran UE et on calcule les coefficients de passage UI---UE.

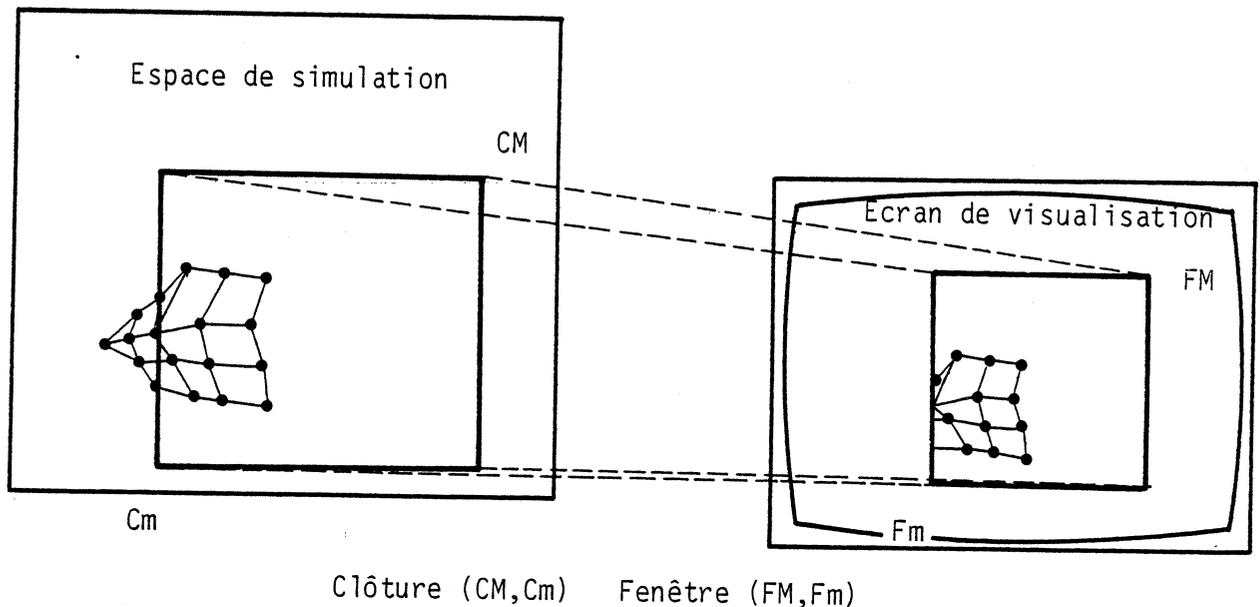


Figure III.5 Clôture-Fenêtre

Le problème spécifique posé par cet algorithme dans notre application est l'optimisation de son temps d'exécution puisqu'il s'insère dans une chaîne "temps réel".

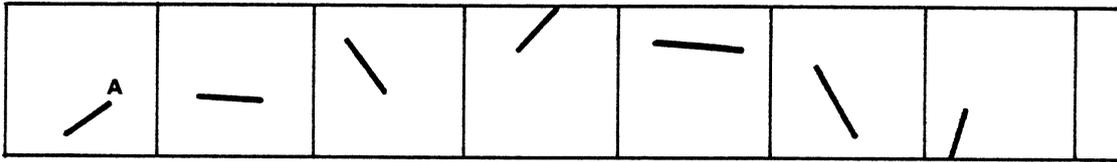
...loi 3 - Evolution des états

Cette loi permet par une sorte de perspective temporelle, une étude des trajectoires. Le paramètre est le choix des points dont on veut étudier la trajectoire, (point A de la barre sur la figure III.6).

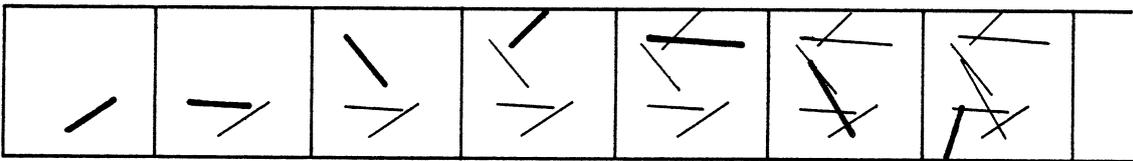
...lois 4 - Autres cas

Citons des lois plus classiques déjà implantées dans d'autres systèmes:

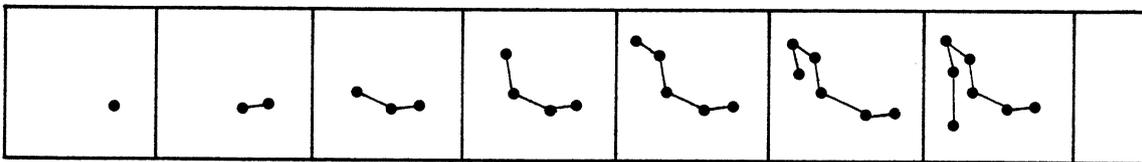
- *l'inversion temporelle
- *lois non-linéaires (définies mathématiquement ou manuellement)
- *ralentissement ou accélération temporelle
- *...etc...



Loi 1 : Correspondance simple



Loi 2 : Comparaison d'états



Loi 3 : Evolution d'états (évolution du point A)

Figure III.6 - Différents types de points de vue

Certaines de ces lois seront applicables en cours de jeu (loi 1, loi 2, loi 3), d'autres seulement en temps différé (loi 4). Ces dernières interviendront seulement au niveau de la composition et du traitement des gestes ou des séquences d'images, à partir de gestes ou d'images mémorisés.

III.1.3.4. Le mode "choix des ENTREES"-CDE

Les entrées gestuelles sont organisées en ESSAI-CANAL-VOIES :

- * un "essai" comprend l'ensemble des canaux,
- * un "canal" est un ensemble de transducteurs gestuels dont 1 au moins est rétroactif.
- * un "transducteur gestuel" est ici un ensemble d'identificateurs de voies d'entrées/sorties analogiques regroupées sous un nom. Ces transducteurs gestuels virtuels peuvent être l'image des transducteurs gestuels physiques constitués de capteurs et de moteurs et qui sont connectés aux convertisseurs analogiques-numériques.

Un transducteur gestuel physique est rétroactif s'il comporte au moins un capteur et un moteur; un transducteur gestuel virtuel est rétroactif s'il comporte au moins une voie d'entrée et une voie de sortie.

Le nombre maximum de canaux a été fixé à 2 (cf paragraphe II.3.3.1).

Dans ce mode, l'utilisateur décrit les canaux et leur mode de fonctionnement.

Il y a 3 types de fonctionnement :

- JEU DIRECT : manipulation de l'objet par l'opérateur par l'intermédiaire des transducteurs gestuels, sans mémorisation des gestes effectués,
- JEU MEMORISE : jeu direct avec une mémorisation temporaire des gestes,

JEU LECTURE : les données gestuelles d'entrée utilisées par le calcul sont celles qui ont été mémorisées.

L'archivage et la restitution des gestes doit pouvoir s'effectuer par essai ou par canal.

La figure III.7 décrit les différents modes de fonctionnement.

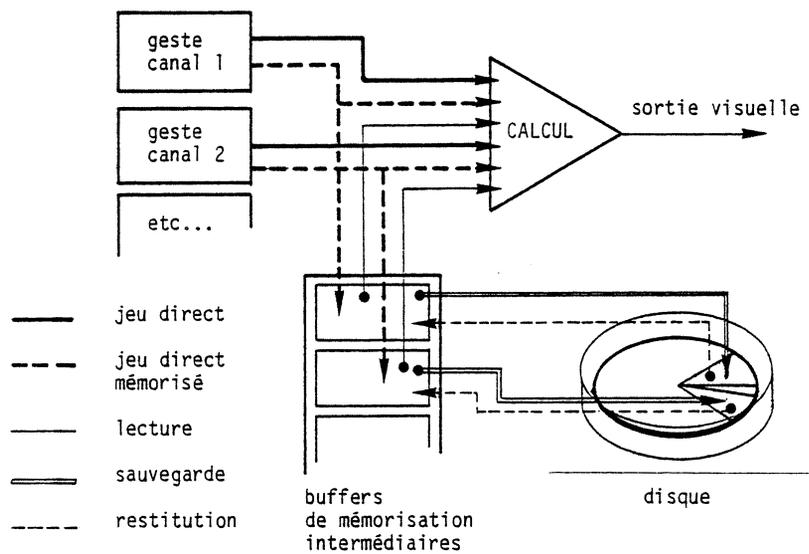


Figure III.7 - Fonctionnement des entrées

C'est à partir des fonctions "mémorisation et relecture" du geste, que l'on pourra composer des gestes et appliquer ces gestes composés à des objets, eux-mêmes éventuellement composés, et créer ainsi des situations de diffusion de séquences composées ou des situations d'interprétation. Pour cela, les résultats de traitements ou de composition de gestes doivent évidemment être des gestes, c'est à dire des informations susceptibles de servir d'entrée de manipulation à un objet manipulable.

Diverses situations peuvent alors se présenter (figure III.8):

- (a) restitution de la séquence à partir de gestes mémorisés,
- (b) création d'une séquence par superposition de gestes mémorisés et de gestes exécutés en direct,
- (c) modulation de gestes mémorisés par des gestes effectués en direct.

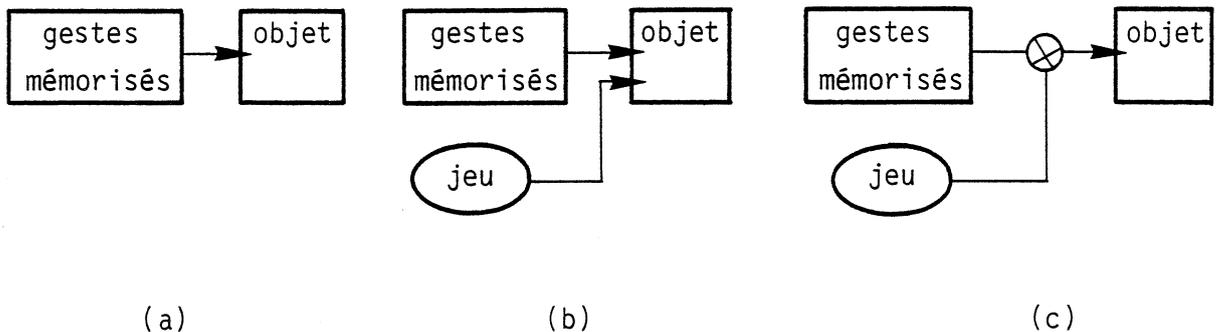


figure III.8 - Diverses situations d'entrées de gestes

III.1.3.5. Le mode "choix des SORTIE"-CSS

Il y a trois types de supports de sortie :

* les sorties "écran temps réel": affichage sur un écran temps réel, synchrone avec le geste de manipulation. C'est la sortie usuelle pour ANIMA.

* les sorties "écran temps différé": affichage sur des écrans ne permettant pas la visualisation en temps réel.

Il peut s'agir:

* soit de consoles vidéo courantes bas de gamme,

* soit, au contraire, de consoles performantes pour la synthèse d'images (couleurs et haute résolution). Elles seront nécessaires pour générer la séquence finale après avoir enrichi la représentation simplifiée des objets utilisée pour l'étude du

mouvement en temps réel par des habillages morphologiques et visuels (définition de formes extérieures, ajout de couleurs, de textures, d'éclairages...).

* les sorties temps différé pour la mémorisation des séquences:

Il peut s'agir:

- * d'une mémorisation sur film,
- * d'une mémorisation sur table tracante,
- * d'un enregistrement sur mémoire numérique (disques, bandes).

A chaque cas correspondent des paramètres et des procédures d'affichage différentes.

III.1.3.6. Le mode JEU

Dans le mode JEU s'exécute la simulation. Celle-ci peut s'exécuter :

- * pas à pas (ou image par image) sous contrôle de l'utilisateur,
- * à diverses fréquences d'échantillonnage données par des dispositifs externes (horloge, dispositif de sortie visuelle ou sonore, dispositifs d'entrées).

et dans différents contextes :

- * "on efface tout, on recommence": avant chaque jeu, on ré-initialise toutes les variables et tous les paramètres,
- * "on modifie et on continue": avant chaque jeu, seule une partie des variables et paramètres est initialisée, l'état initial des variables et paramètres non modifiés restant identique à leur état à la fin du jeu précédent.

III.2. REPRESENTATION INTERNE DES OBJETS ET DE LA SCENE

La représentation interne des données de description de la scène et des objets doit permettre :

- * La création et la modification dynamique des objets mécaniques,
- * le dialogue interactif, avec représentation et sélection sur un écran des actions et des données.
- * la transformation de ces données pour les adapter à la simulation.

La réalisation de ces trois fonctions dépend du type d'objets sur lesquelles elles portent, en particulier du type de module mécanique utilisé.

Un module matériel se définit par :

- * un type (masse, sol, corde, module d'entrée de force),
- * un identificateur (exemple : masse n° i),
- * la valeur des paramètres mécaniques,
- * l'ensemble des positions au repos (X_0, Y_0) de chaque élément matériel (masse, sol) qui le compose.

Ainsi, on a :

masse	M, (X_0, Y_0) ,
sol	(X_0, Y_0)
corde	$(M_1, M_2, \dots, M_n), ((K_{01}, Z_{01}), (K_{02}, Z_{02}), \dots, (K_{0n}, Z_{0n}))$ $((X_{01}, Y_{01}), (X_{02}, Y_{02}), \dots, (X_{0n}, Y_{0n}))$
module d'entrée	calibrage (entrée ₁ , ..., entrée _P) calibrage (sortie ₁ , ..., sortie _P)

Un module de liaison se définit par :

- * son type (liaison pure, liaison au sol 1, liaison au sol 2, liaison au sol 3, étoile, liaison conditionnelle, module d'entrée de position),
- * un identificateur (exemple : liaison n° j),
- * la valeur de ses paramètres mécaniques,
- * les types et identificateurs des éléments matériels qu'il relie.

Exemple :

Liaison Pure n°p, K, Z, Masse i, Masse j

Un module de sortie visuel se définit par :

- * son type (point, vecteur),
- * un identificateur,
- * les types et identificateurs des éléments matériels qui constituent ses extrémités.

Exemple :

Vecteur n°p, Masse i, Masse j

A chaque type de module, on associe plusieurs représentations pour le dialogue , représentations de travail ou de contrôle, graphiques ou alphanumériques.

Les opérations communes à chaque catégorie de module sont :

- * la suppression,
- * l'ajout
- * l'identification.

Elles suivent les règles suivantes :

- * La suppression d'un module matériel ne peut s'effectuer s'il est l'extrémité d'une liaison ou d'un vecteur ou bien s'il est associé à un point.
- * Pour créer une liaison, un vecteur ou un point, il faut que les éléments matériels auxquels ils sont reliés, existent.

La création ou la suppression d'un module doivent s'effectuer dynamiquement.

L'objet est représenté par des listes ordonnées.

Il y a un ensemble de listes pour l'objet mécanique et un ensemble de listes pour chaque type de représentation de dialogue.

Chaque ensemble est composé de 4 listes, une par type de module :

- * liste pour les modules matériels,
- * liste pour les modules de liaison,
- * liste pour les modules d'entrées/sorties gestuelles,
- * liste pour les sorties visuelles,

La séparation en plusieurs listes facilite les traitements spécifiques à chaque classe de module : recherche des attaches d'une liaison dans la liste des éléments matériels, recherche d'une liaison pure dans la liste des liaisons, calcul des données formatées pour la simulation et chargement dans le processeur de simulation par type de module...

L'ajout d'un module dans une liste s'effectue en fin de liste.

La relation entre les différentes listes pour un type de module est implicite : on repère un élément par sa position dans les listes correspondant à son type, cette position est la même pour les listes qui décrivent l'objet mécanique et dans celles qui décrivent les représentations de dialogue pour cet objet.

Si une masse n° i est le Pième élément de la liste des modules matériels, les représentations qui lui seront associées seront également les Pième éléments des listes de représentations associées aux éléments matériels.

Les pointeurs de fin de liste sont indispensables pour les ajouts en fin de liste nécessaires pour avoir constamment un numérotage ordonné des éléments et permettre aisément leur renumérotage.

L'archivage passe par la mémorisation des 6 listes définissant de manière interne l'objet. L'ensemble des données est archivé dans un même fichier.

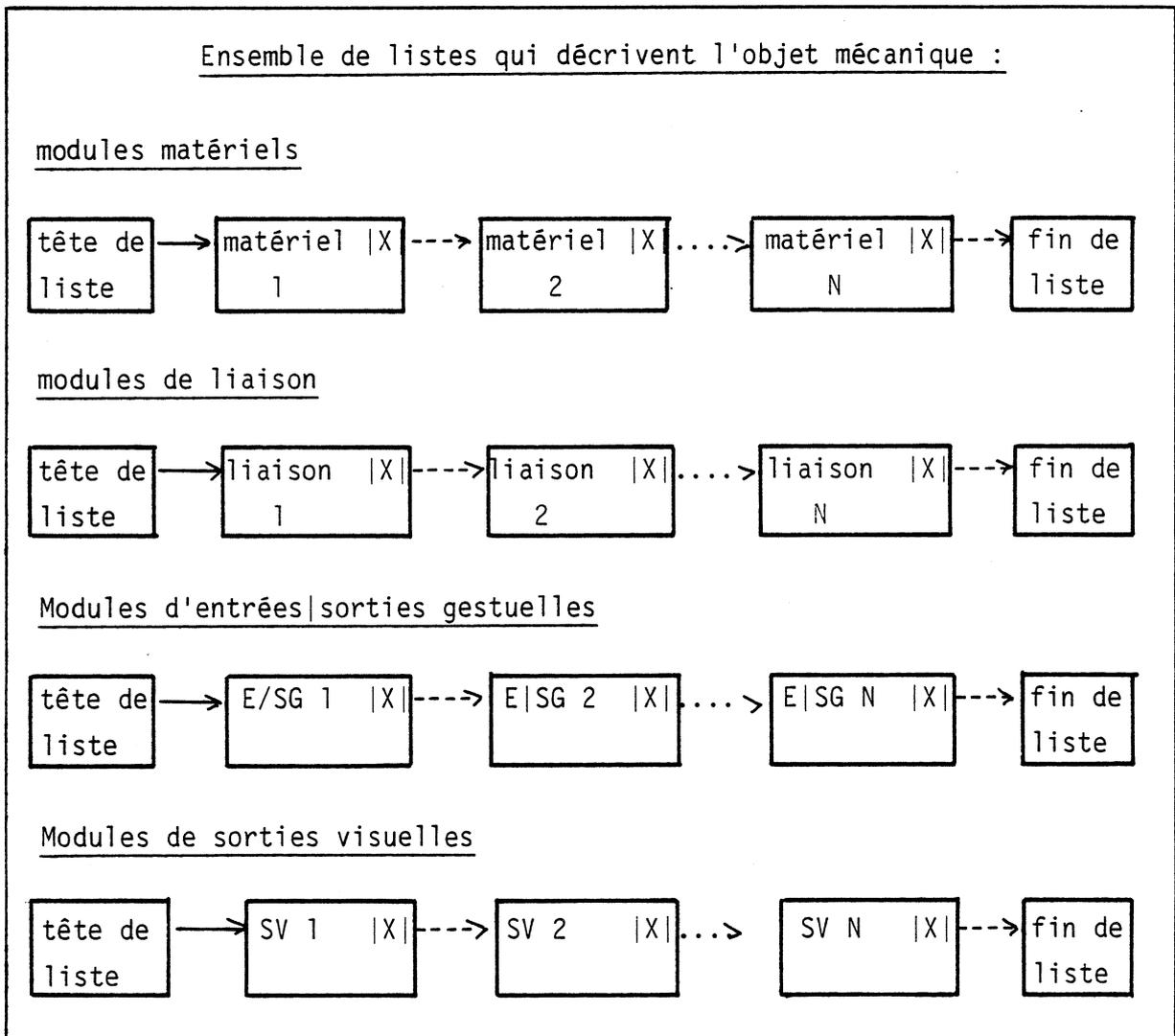
A partir de ce fichier, la lecture traite :

- * la restauration des listes, des têtes et queues de listes,
- * la renumérotation des modules. Cette tâche doit également comprendre la mise à jour des attaches des modules de liaison en relation avec le numérotage des modules matériels.

Nous avons vu en effet, qu'au cours de la création ou de la modification de l'objet, des modules peuvent être ajoutés ou supprimés. Mais leur nom et leur numéro ne sont pas changés tant

que dure l'utilisation de cet objet pour ne pas perturber l'expérimentation en cours. Par contre, une fois passée la phase d'archivage, pour alléger l'objet et faciliter son utilisation ultérieure, on effectue un renumérotage compacté des modules.

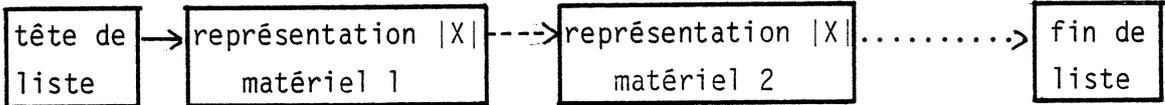
* La restauration graphique qui utilise la partie "gestion du processus de création des modules" en tronquant le dialogue.



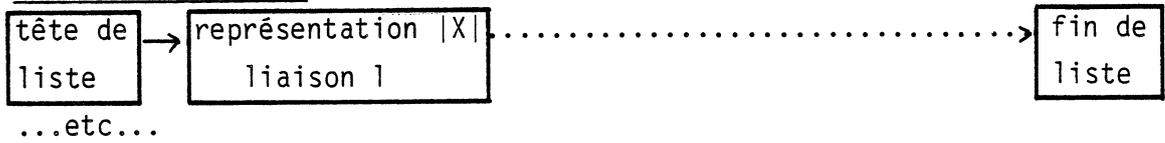
Ensemble de listes qui décrivent un type de représentation de dialogue :

Représentation de type 1

Modules matériels



Modules de liaison



Représentation de type 2

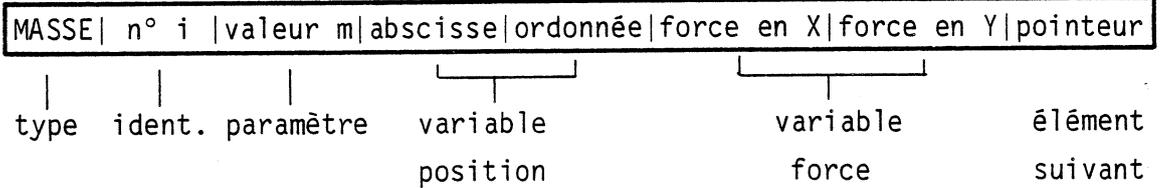
Modules matériels

...etc...

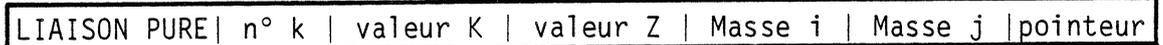
...etc...

Exemples de format d'un élément d'une liste d'éléments mécaniques :

élément Masse :



élément Liaison :



Exemples de format d'un élément de listes de représentation :

Représentation de contrôle

Les liaisons sont représentées par des vecteurs :

X1	Y1	X2	Y2	pointeur suivant
----	----	----	----	------------------

extrémités du
vecteur

Représentation de travail 1

les masses sont représentées par des cercles centrés sur la position de la masse et de rayon proportionnelle à la valeur de la masse :

abscisse du centre	ordonnée du centre	rayon	pointeur suivant
--------------------	--------------------	-------	------------------

Représentation de travail 2

les liaisons "ressort" sont représentées par des zig-zag plus ou moins resserrés selon la raideur du ressort :

X1	Y1	X2	Y2	hauteur zig-zag	période zig-zag	pointeur suivant
----	----	----	----	-----------------	-----------------	------------------

III.3. L'ENVIRONNEMENT INTERACTIF POUR ANIMA

III.3.1. LES FONCTIONS DE L'INTERACTIVITE

La fonction de l'interactivité est d'aider l'utilisateur dans son activité. En ce qui concerne ANIMA, celle-ci consiste à créer et modifier des objets manipulables.

Pour cela, l'utilisateur doit pouvoir :

- * communiquer des informations à la machine : "faire",
- * recevoir des informations : "savoir".

La machine doit :

- * comprendre des actions de l'opérateur : "reconnaitre",
- * lui renvoyer des informations compréhensibles : "représenter".

L'environnement interactif détermine donc :

- (a) comment l'opérateur opère pour demander l'exécution d'actions,
- (b) quelles sont ces actions (lexique et structuration),
- (c) comment le système lui renvoie des informations,
- (d) que représentent ces informations.

Les points (a) et (c) constituent des fonctions de base du dialogue. Elles peuvent se définir indépendamment de l'application et se réaliser par un ensemble d'outils, ou "outils d'entrées/sorties de dialogue, qui constituent une machine de base pour le dialogue. Comme outil de dialogue pour ANIMA, nous avons défini et réalisé un logiciel de base de dialogue, "ANIGRAPH", dont nous donnerons une description plus détaillée ultérieurement.

Les autres points dépendent de l'application. Ils seront donc particuliers à ANIMA V2. Cependant, des règles générales peuvent être dégagées au préalable, qui nous serviront de guides pour la conception de l'environnement interactif.

Règle 1. Représentation de l'activité

L'ensemble des actions que l'on peut effectuer constitue une activité. On peut représenter celle-ci sous la forme d'une carte, ou d'un graphe, où les noeuds indiqueraient les actions et les trajets entre les noeuds les enchainements possibles. L'utilisateur va parcourir des chemins sur cette carte en empruntant les trajets autorisés. Il est important qu'il sache à chaque instant :

- * où il est, c'est à dire "qu'est-ce-qu'il est en train de faire"?
- * d'où il vient ou "qu'est-ce-qu'il a fait"?
- * où il va ou "qu'est-ce-qu'il peut faire"?
- * comment aller d'un point à un autre?

Pour prendre en charge cette fonction, il est intéressant de disposer d'un écran multi-fenêtres ou de plusieurs écrans : sur un écran ou une portion d'écran serait représenter la carte des états, le trajet suivi, la position courante; un autre écran ou portion d'écran serait utilisé pour le dialogue courant.

Dans ANIMA V2, nous ne disposons pas de ces commodités car l'écran est unique, de petite taille, et associé à un équipement de faible capacité. Nous utiliserons donc un dialogue classique par menu : les actions, qualifiées d'"indépendantes" et de "même niveau" vis à vis de l'activité, seront regroupées dans un menu; l'histoire du trajet sera représentée par plusieurs menus imbriqués en gigogne sur l'écran (Figure III.9).

La sélection d'une action s'effectue par désignation de celle-ci dans le menu.

Du point de vue de l'utilisateur, un dialogue par menu est beaucoup plus difficile à apprendre qu'un dialogue qui a pour support une carte ou un graphe, puisque une action peut se trouver présente dans plusieurs modes et que les trajets de retour à partir d'un mode peuvent être différents des trajets qui permettent d'y accéder. La représentation de l'activité y est soit très redondante soit inhomogène.

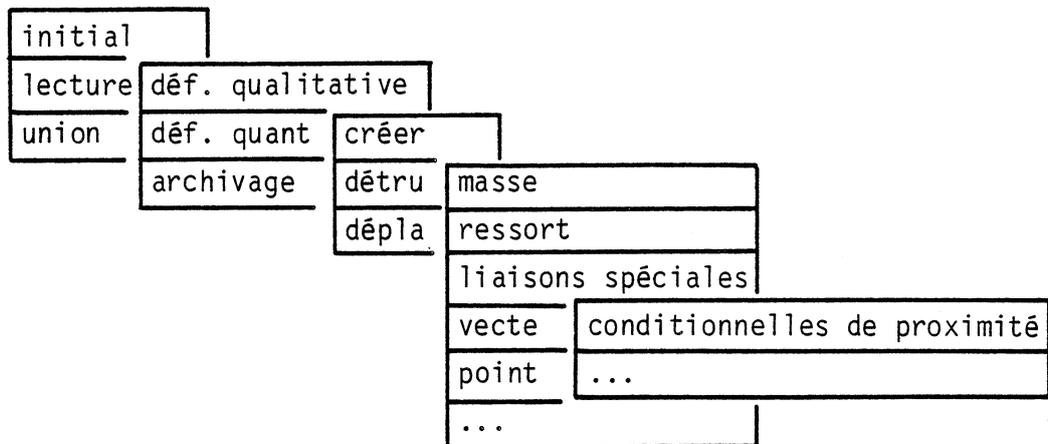


Figure III.9 - Menus imbriqués dans ANIMA

Règle 2. Automate d'enchaînements des actions

Etant donné une organisation interne des actions ou des modes définie de manière statique, certains cheminements, à un certain stade de l'expérimentation ou de l'apprentissage, sont plus fréquents que d'autres. On peut diminuer le nombre de manipulations que fera l'utilisateur par un pré-positionnement automatique des actions, l'utilisateur n'ayant alors qu'à valider, ou non, ce prépositionnement. Ceci peut s'effectuer par un automate d'enchaînement des actions, programmable par l'utilisateur.

Exemple : Un trajet fréquent dans la mise au point des modèles dans ANIMA est celui où l'on enchaîne alternativement le mode SQN (modification des paramètres) et le mode JEU (expérimentation) de manière assez rapide. Il est intéressant d'alléger les manipulations du curseur sur l'écran interactif par pré-détermination des positions de celui-ci (Figure III.10).

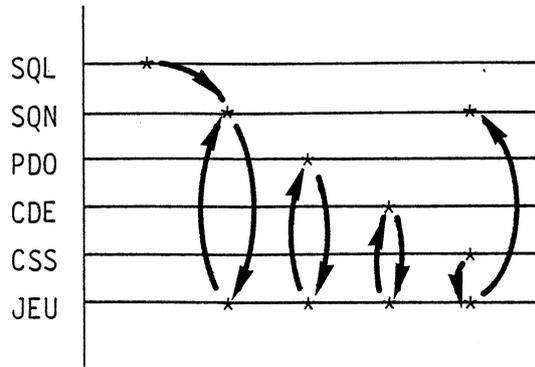


Figure III.10 - Prépositionnement des actions dans ANIMA

Règle 3. Les "*.par défaut"

L'utilisateur doit pouvoir utiliser le système sans avoir à priori à rentrer d'informations. Chaque élément de l'application doit donc avoir un état par défaut : variables, objets, contexte.

Ces "*.par défaut" doivent être programmables par l'utilisateur.

Dans ANIMA, nous disposerons d'un objet par défaut qui est un "objet vide", de paramètres par défaut, qui sont choisis comme paramètres standard ou valeurs moyennes; de noms par défaut pour les archivages automatiques, et d'un automate d'enchaînement d'états par défaut.

Règle 4. la multi-représentation des informations

En ce qui concerne la présentation des informations sur l'unité de dialogue (écran interactif par exemple), il nous semble utile de pouvoir disposer de plusieurs types de représentation d'un même ensemble d'informations, du plus sobre au plus complet.

Par exemple dans ANIMA, nous disposerons :

- * d'une représentation légère de l'objet, qui renseigne sur lui d'un simple coup d'oeil, que l'on peut nommer représentation de contrôle,

- * de diverses représentations de travail, plus détaillées et adaptées à chaque situation de travail.

III.3.2. STRUCTURE DU PROGRAMME

Le dialogue dans ANIMA utilise les outils de dialogue du logiciel de base ANIGRAPH. Il est alpha - graphique.

L'écran de dialogue est graphique et est divisé en 3 parties :

- * une zone "message",
- * une zone "menu",
- * une zone "représentation graphique ou alpha numérique de l'objet".

L'entrée des informations utilise des outils standard tels que "désignation par un réticule", utilisation d'une tablette graphique, ainsi que des outils que nous avons spécialement développés tels que l'entrée de valeurs multidimensionnelles à partir de capteurs analogiques avec retour d'informations visuelles en temps quasi-réel.

Le traitement des commandes au niveau de chaque mode rassemble les blocs de fonctions suivantes :

- * gestion de menus,
- * gestion de matrices,
- * gestion de la création graphique et alphanumérique des éléments constituant l'objet,
- * destruction de ces éléments,
- * archivage et lecture de fichiers des objets,
- * contrôle.

III.3.2.1. Gestion des menus

La présence dans un mode est caractérisée par la présence d'un menu sur l'écran. La sélection d'une fonction de menu permet ainsi soit d'accéder à une commande effective, soit de passer à un sous-menu, soit de retourner au menu précédent. Les passages successifs d'un mode à un autre sont représentés par des menus imbriqués. Cela permet à l'utilisateur de se situer dans la pseudo-arborescence des commandes.

Cette gestion utilise les primitives de ANIGRAPH telles que "afficher-menu", "effacer-menu", "effacer-partie-d'écran" ainsi que la mémorisation de la succession de la chaîne des menus et leurs positions respectives.

III.3.2.2. Gestion des matrices

La matrice est un élément de ANIGRAPH. C'est un tableau à double entrée, de taille programmable, et dont la première ligne et la première colonne sont constituées d'étiquettes. L'utilisateur a accès dynamiquement à chaque case de ce tableau. Celles-ci peuvent recevoir des caractères, des entiers, des réels (Figure III.11).

Dans ANIMA, elles sont utilisées dans une large mesure comme support de dialogue. Elles peuvent être considérées comme une généralisation à 2 dimensions du dialogue classique par message.

Elles permettent, par leur disposition géométrique, de répondre facilement à des choix multiples, d'affecter ou de remplacer des valeurs de données, et d'avoir une liste de visualisation sous forme organisée.

Transducteur J1	E/S gestuelles
nature	<u>FEP</u>
argument	<u>masse 5</u>

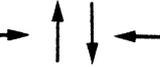
Masses	X	Y	M
Masse 1	(100)	(230)	<u>50</u>
Masse 2	(78)	(43)	<u>150</u>
Masse 3	(120)	(65)	<u>50</u>

Figure III.11 - Exemples de matrices de ANIMA

(les informations soulignées sont entrées dynamiquement par l'utilisateur, celles entre-parenthèses sont renvoyées par ANIMA)

Les matrices sont utilisées chaque fois que l'on doit manipuler une quantité importante d'informations :

* lors de la définition des modules d'entrées/sorties gestuelles :
définition du transducteur, de leurs voies d'entrées et de sorties, de l'affectation aux canaux, de la liaison des modules mécaniques aux voies d'entrées/sorties,

* lors de l'édition et de la modification des paramètres. Compte tenu de la quantité de paramètres à visualiser, ce qui est présent à un instant donné à l'écran est une fenêtre sur la partie utile de la matrice accessible à l'utilisateur, fenêtre que l'on peut explorer par les touches . La première ligne et la première colonne sont affichées en permanence.

III.3.2.3. Gestion de la création des objets

Les processus qui génèrent les éléments qui constituent l'objet (éléments mécaniques tels que masse/ressort... ou d'entrées/sorties) diffèrent suivant le type de module à créer.

Dans le cas des modules d'entrées, une représentation graphique est générée sous forme d'un texte cadré (cf les sections de textes de ANIGRAPH).

Dans le cas des modules matériels, le dialogue est basé sur l'utilisation du réticule pour pointer une position, désigner un module matériel ou désigner des attaches de liaison.

La définition des sorties visuelles s'effectue en sélectionnant par le réticule les arguments (modules matériels) associés aux points ou vecteurs à créer.

Parallèlement aux menus et à la représentation graphique, l'utilisateur est guidé dans ces actions par l'édition de messages et l'utilisation d'un signal sonore (indication d'une reprise, d'une action non terminée, d'une erreur de manipulation).

Dans le cas de la représentation graphique de l'objet mécanique, les figures de base sont celles de la masse, du sol, de la liaison pure. Les dessins des modules primaires se déduisent de ceux-ci. Le module primaire (ex : corde) se crée élément par élément à l'aide d'un menu.

Un marqueur, identificateur alphanumérique du module, est associé au module, à l'aide des procédures de ANIGRAPH "générer-marqueur" et "marquage-automatique".

III.3.2.4. Gestion de la destruction des objets

La destruction d'un module d'entrée s'effectue lorsque l'on remplace, dans la matrice de dialogue, ce module par un autre module, ou par rien. Le module courant est détruit et remplacé par le nouveau module.

Pour les modules matériels, la destruction se fait à partir de la représentation graphique. Dans tous les cas, la destruction d'un module s'accompagne de l'effacement de sa représentation graphique ou textuelle sur l'écran et du déchainage du module dans sa liste.

III.3.2.5. Archivage et lecture des objets

La fonction de mémorisation systématique est importante pour un système expérimental. C'est pourquoi, dès qu'un objet a été créé, avant de quitter le mode "création", il est automatiquement archivé sous un nom par défaut, choisi par le système. L'utilisateur peut ainsi en disposer sans passer par la phase d'archivage, pour le combiner immédiatement avec d'autres objets par l'opération d'union.

III.3.2.6. Contrôle

Quelques procédures de contrôle ont été implantées pour aider l'utilisateur dans la gestion de la création et la modification des objets. Elles informent sur les erreurs de syntaxe dans la création d'un objet : impossibilité de supprimer un élément matériel s'il est "connecté", impossibilité de démarrer le jeu si des liaisons sont "non connectées", contrôle de l'opération "union".

III.3.3. LA REPRESENTATION INTERACTIVE DES MODES DANS ANIMA

Le synoptique des modes est donné à la figure III.12.

III.3.3.1. Le mode initial

A l'entrée dans ANIMA, un objet peut être :

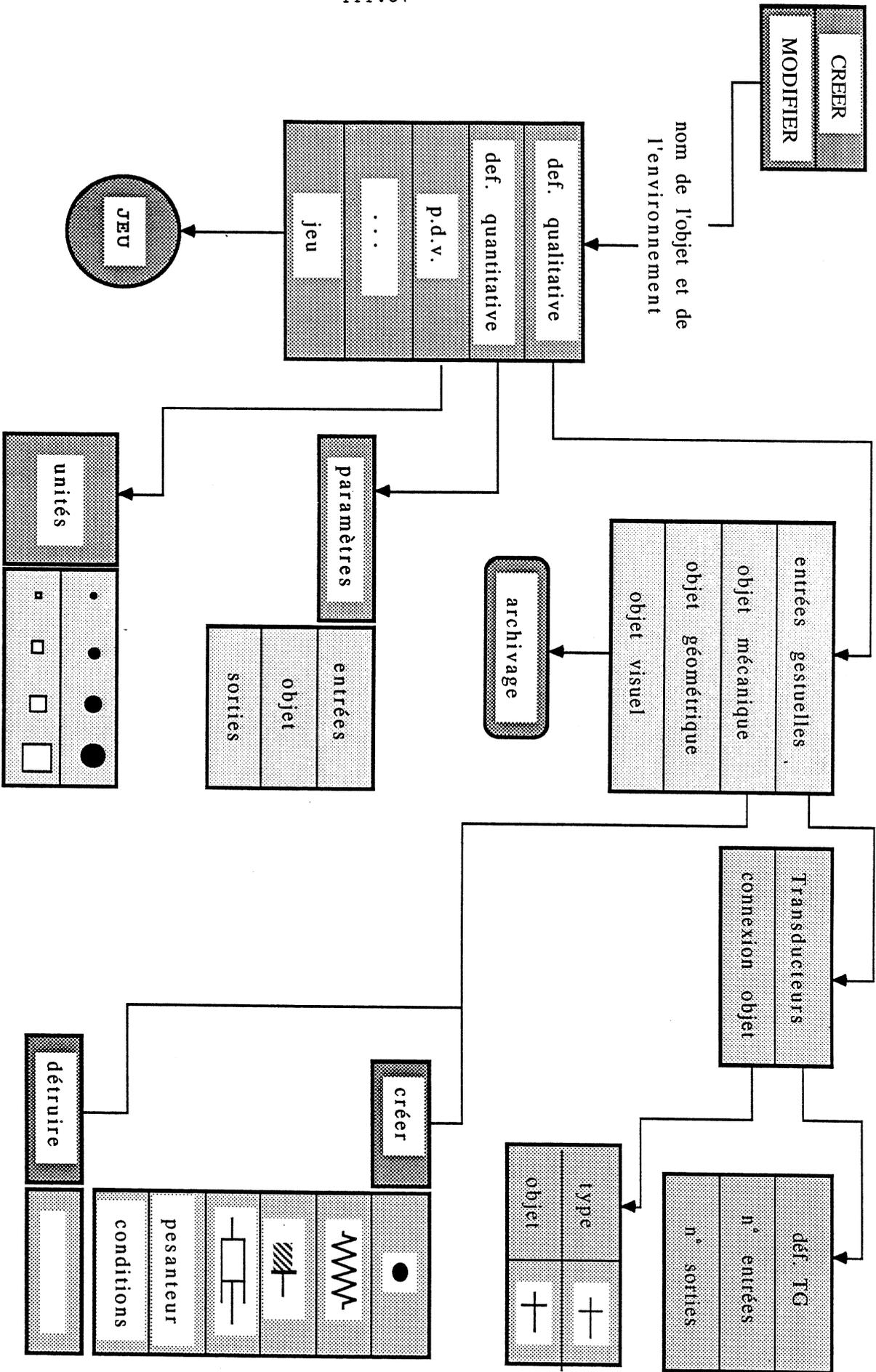
1. un objet vide qui est l'objet par défaut. Si l'utilisateur effectue la commande JEU pour lancer le calcul en temps réel, celui-ci s'effectue et toutes les commandes restent valables. Le contexte est le contexte par défaut.
2. un objet précédemment défini et archivé. Il est appellable par son nom (nom par défaut ou nom donné par l'utilisateur qui l'a créé). Le contexte peut être le contexte par défaut ou un contexte précédemment archivé.
3. un objet obtenu par une union d'objets précédemment définis.

III.3.3.2. Définition des entrées/sorties gestuelles

La définition des entrées/sorties gestuelles par l'utilisateur est supportée par un dialogue alpha-graphique dans la zone "commande " de l'écran de dialogue :

- * utilisation des menus et matrices de ANIGRAPH pour définir les transducteurs utilisés, pour donner l'organisation en canaux et voies, et le type de connexion mécanique à l'objet (liaison par un module FEX, PEX, FEP, PEF).
- * désignation graphique des éléments mécaniques de l'objet auxquels sont reliées ces entrées.

Dans la portion d'écran affectée à la représentation de l'objet, les entrées/sorties gestuelles sont représentées par des textes qui donnent le nom des transducteurs et des types d'entrées et par des symboles graphiques qui les relient à l'objet mécanique. Les figures III.13, III.14, III.15 reproduisent différentes phases du dialogue.



ANIMA - Synoptique des modes

Figure III.13 - Définition des entrées d'un transducteur gestuel rétroactif

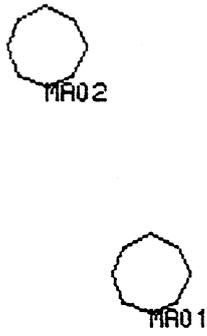
NOM DU TRANSDUCTEUR: TG1																
M M A A	MODI-ENT MODIF-TG DEF-TG VOIE-ENT VOIE-SOR	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;">DEGRE <4</td> <td style="width: 20%;">RETROACT</td> </tr> <tr> <td>TG1</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> </table>		DEGRE <4	RETROACT	TG1	3	0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">SORTIE1</td> <td style="width: 20%;">SORTIE2</td> <td style="width: 20%;">SORTIE3</td> </tr> <tr> <td>NUM-VOIE 4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>	SORTIE1	SORTIE2	SORTIE3	NUM-VOIE 4	5	6	UNITES /MKS T: 0.0100000 L: 0.0010000 M: 0.0010000 F: 0.0100000 K: 10.0000000 Z: 0.1000000
	DEGRE <4	RETROACT														
TG1	3	0														
SORTIE1	SORTIE2	SORTIE3														
NUM-VOIE 4	5	6														
OBJET: <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div>																
ECHELLE 0.11719 0.05859																

Figure III.14 - Définition des entrées non rétroactives

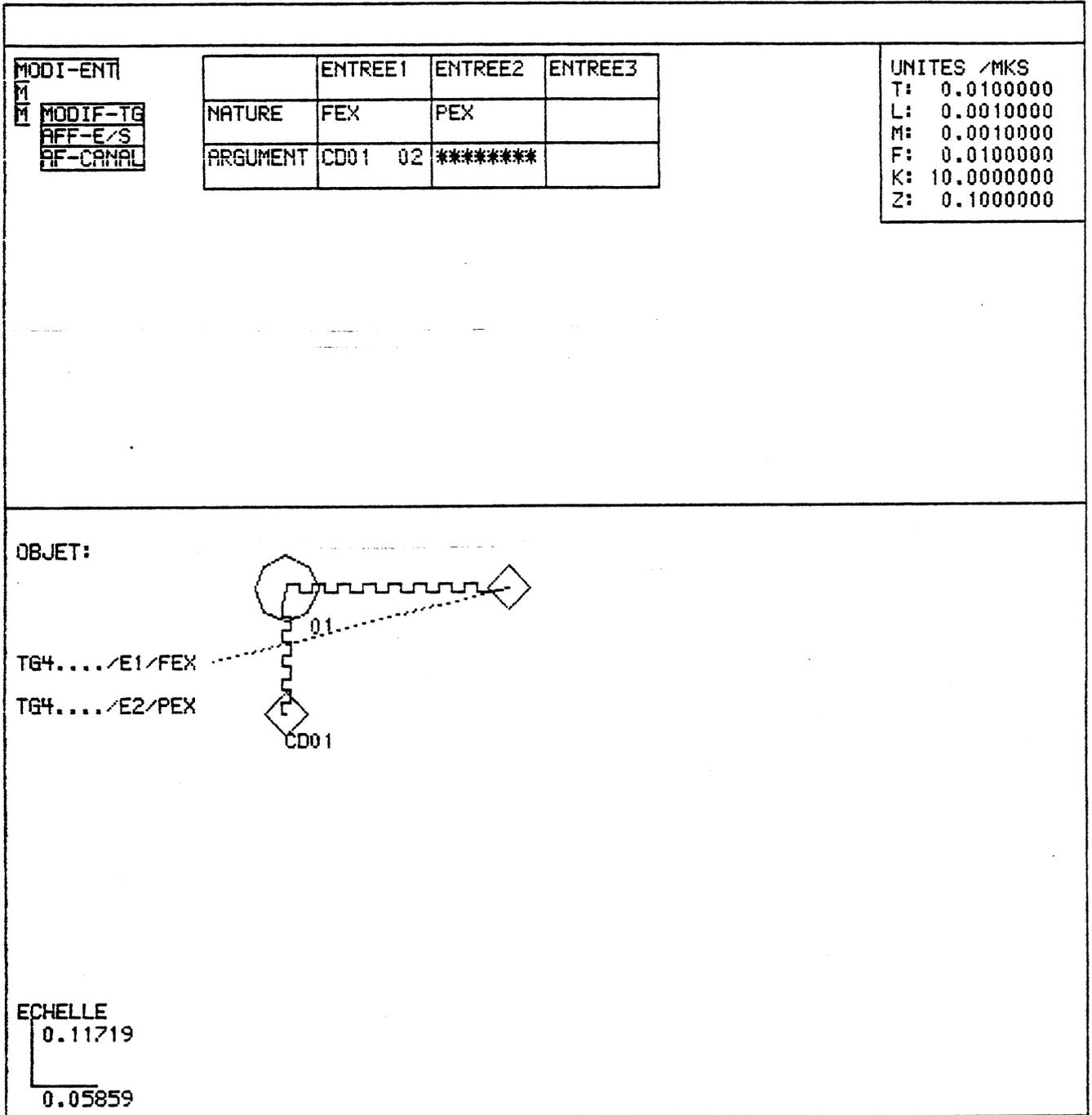
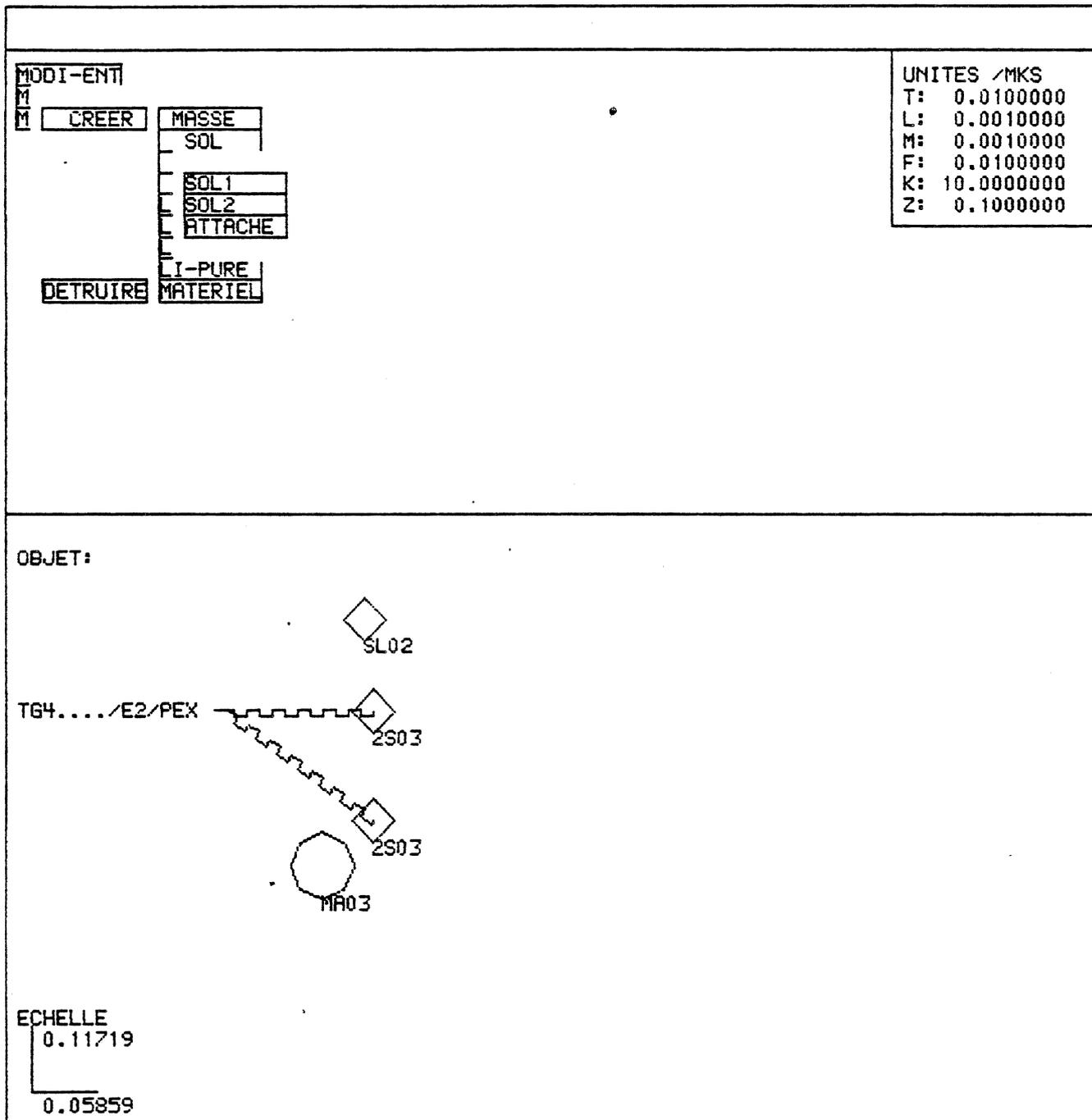


Figure III.15 - Liaison des entrées à la structure mécanique



La destruction de modules d'entrées se fait de la même manière que leur création par le même type de dialogue alpha-graphique.

III.3.3.3. Création et modification de l'objet mécanique

Les opérations sur les éléments mécaniques sont la création, la destruction et le déplacement.

A chaque type d'élément est associé un symbole graphique, qui se distingue par sa forme ou sa texture.

On a essentiellement :

Masse-----	cercle
liaison pure-----	vecteur ou zig-zag en trait plein
liaison conditionnelle-----	" " " en pointillés
sol-----	triangle
transducteurs -----	section de texte

Le dialogue utilise des menus, des pointages de positions d'écran et des désignations d'éléments.

La figure III.16 donne un exemple de dialogue.

L'objet ainsi créé est représenté graphiquement sur une portion d'écran. La représentation la plus utile lors de la création d'un objet est la représentation de contrôle, qui donne la forme du maillage de l'objet (Figure III.17).

Lors d'une modification du type destruction ou déplacement, la représentation utilisée est une représentation de travail, obtenue en ajoutant à la représentation précédente des marqueurs (cf ANIGRAPH) qui identifient alpha-numériquement l'élément. On peut alors effectuer un contrôle par message du type :

"destruction de l'élément X (X marqueur de l'élément) ? (OUI/NON).

Les éléments d'un même type sont numérotés dans un ordre croissant au fur et à mesure de leur création. Pour ne pas dérouter l'utilisateur lors d'une expérience, ces éléments conservent leur numéro pendant toute l'expérience, même après un ensemble de destructions et de créations

successives. Le recompactage et la renumérotation s'effectuent uniquement après un archivage. C'est seulement lorsque l'utilisateur rappelle un objet archivé, que les éléments apparaissent avec un nouveau numéro.

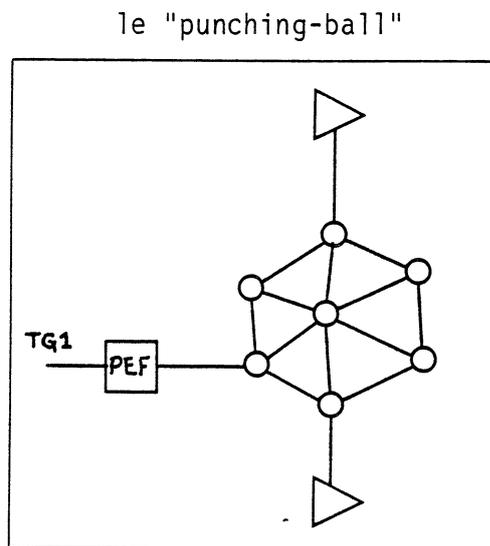


Figure III.17
Exemple de représentation
de contrôle

III.3.3.4. Définition des sorties visuelles

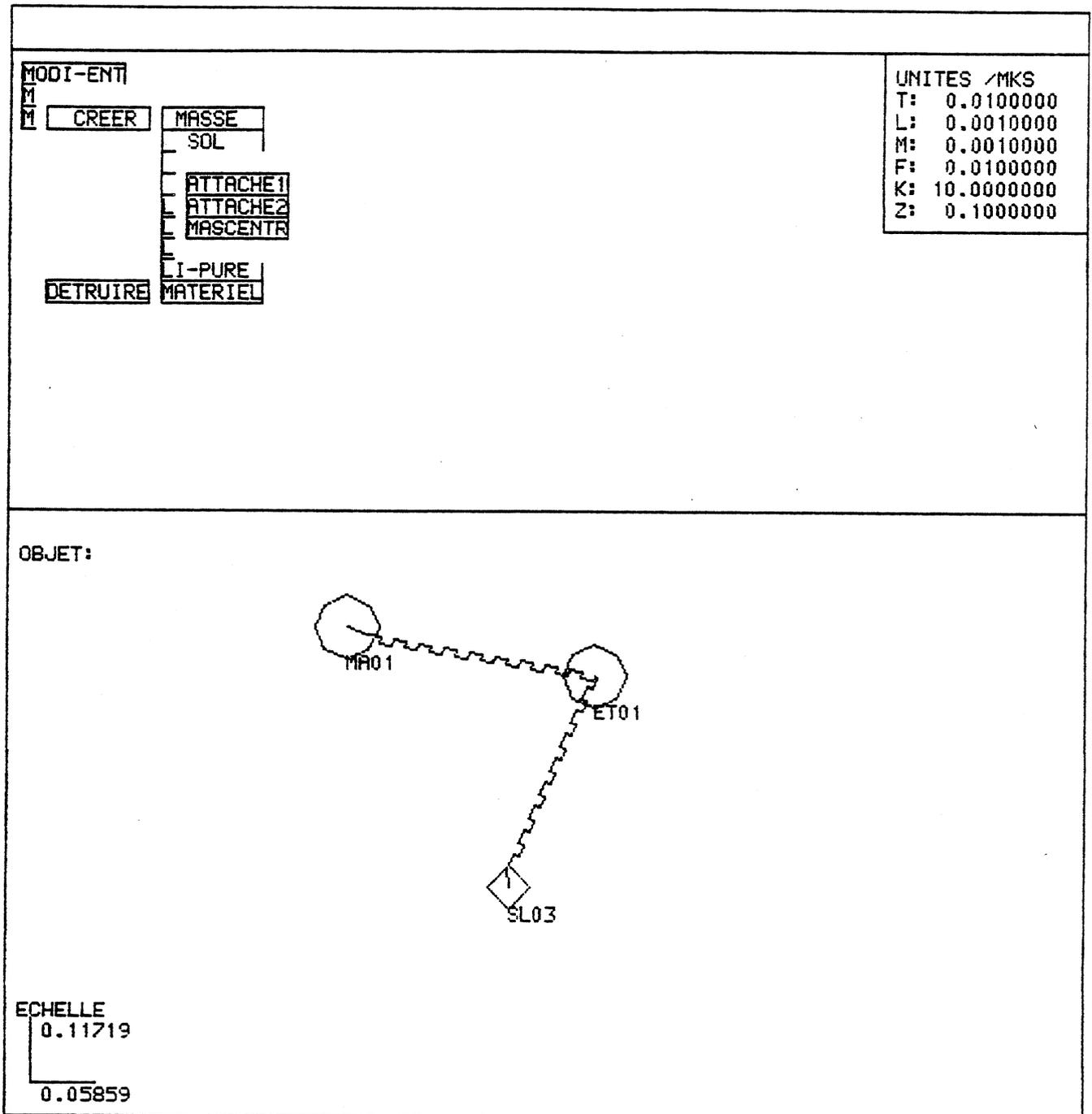
Il s'agit de la manière dont l'objet mécanique sera visualisé sur l'écran temps réel.

Le dialogue s'effectue par menus, désignation des éléments à visualiser et affichage des éléments graphiques créés (vecteurs ou points) dans une matrice.

Les opérations disponibles sont la création et la suppression.

La figure III.18 donne un exemple de dialogue pour les sorties visuelles.

Figure III.16 - Création de modules mécaniques



III.3.3.5. Définition des paramètres

La représentation utilisée lors de la modification d'un paramètre d'un élément mécanique est une représentation "de travail", constituée de marqueurs et de symboles graphiques associés à l'élément mécanique moins sobre que pour la représentation de contrôle, de manière à ce que certaines caractéristiques de ce symbole puissent représenter le paramètre.

Ainsi, dans ANIMA, une masse est représentée par un cercle dont le rayon est proportionnel à la valeur de la masse. De même, les zig-zag d'un ressort sont plus ou moins resserrés en fonction de la raideur de celui-ci.

La modification des paramètres peut s'effectuer de 2 manières :

1. par l'intermédiaire de matrice : l'utilisateur pointe une case de matrice et entre la valeur numérique au clavier.

La matrice est utilisée comme fenêtre pour visualiser tous les paramètres d'un module ou d'un type de module par balayage circulaire horizontal ou vertical.

Des exemples de dialogue sont donnés par les figures III.19, III.20.

2. par l'intermédiaire d'un capteur analogique (capteur de force ou de déplacement). Ce mode consiste à associer, à un instant donné, un paramètre à un capteur d'entrée non rétroactif. L'action sur ce capteur (de force par exemple) met à jour la représentation graphique et la valeur du paramètre dans la matrice. Lorsque l'utilisateur a trouvé la valeur qui l'intéresse, il la valide et celle-ci est prise en compte dans l'application (Figure III.21).

Nous disposons ainsi de 2 modes complémentaires d'entrée de valeurs de paramètres :

- * un mode quantitatif qui consiste à pointer une case de matrice et à entrer une valeur numérique au clavier,

* un mode qualitatif qui consiste à agir analogiquement sur un capteur et à modifier ainsi continûment la valeur du paramètre. Simultanément avec l'action, la caractéristique visuelle du symbole qui est affectée au paramètre varie.

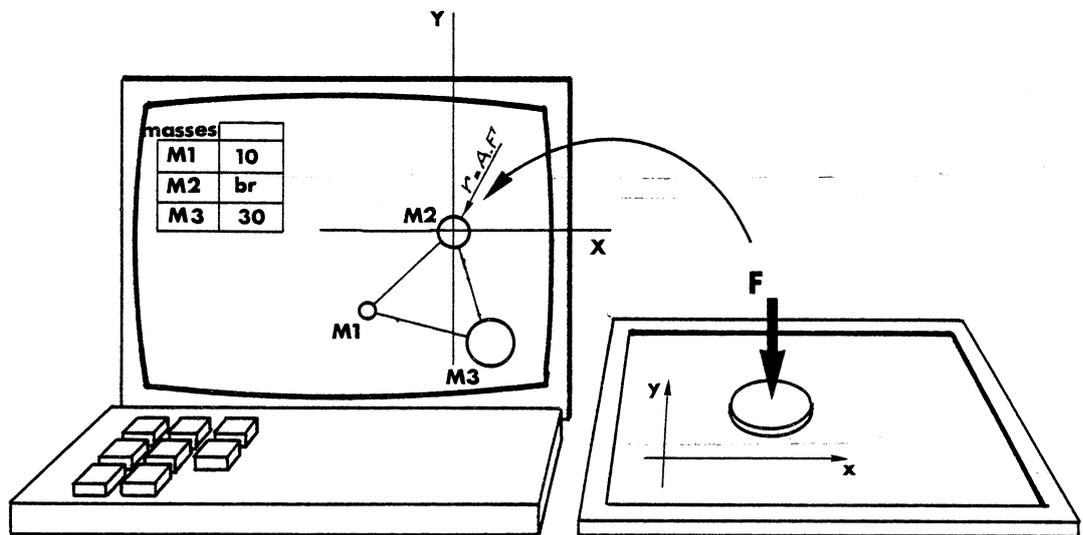


Figure III.21 - Entrée de donnée par geste

III.3.3.6. Définition du contexte (modes PDO, CSS, CDE)

Le dialogue est du même type que précédemment. Les unités sont données de la même manière que les paramètres de l'objet et affichées en permanence sur l'écran de dialogue, numériquement et graphiquement.

Figure III.19 - Affectation des paramètres aux masses

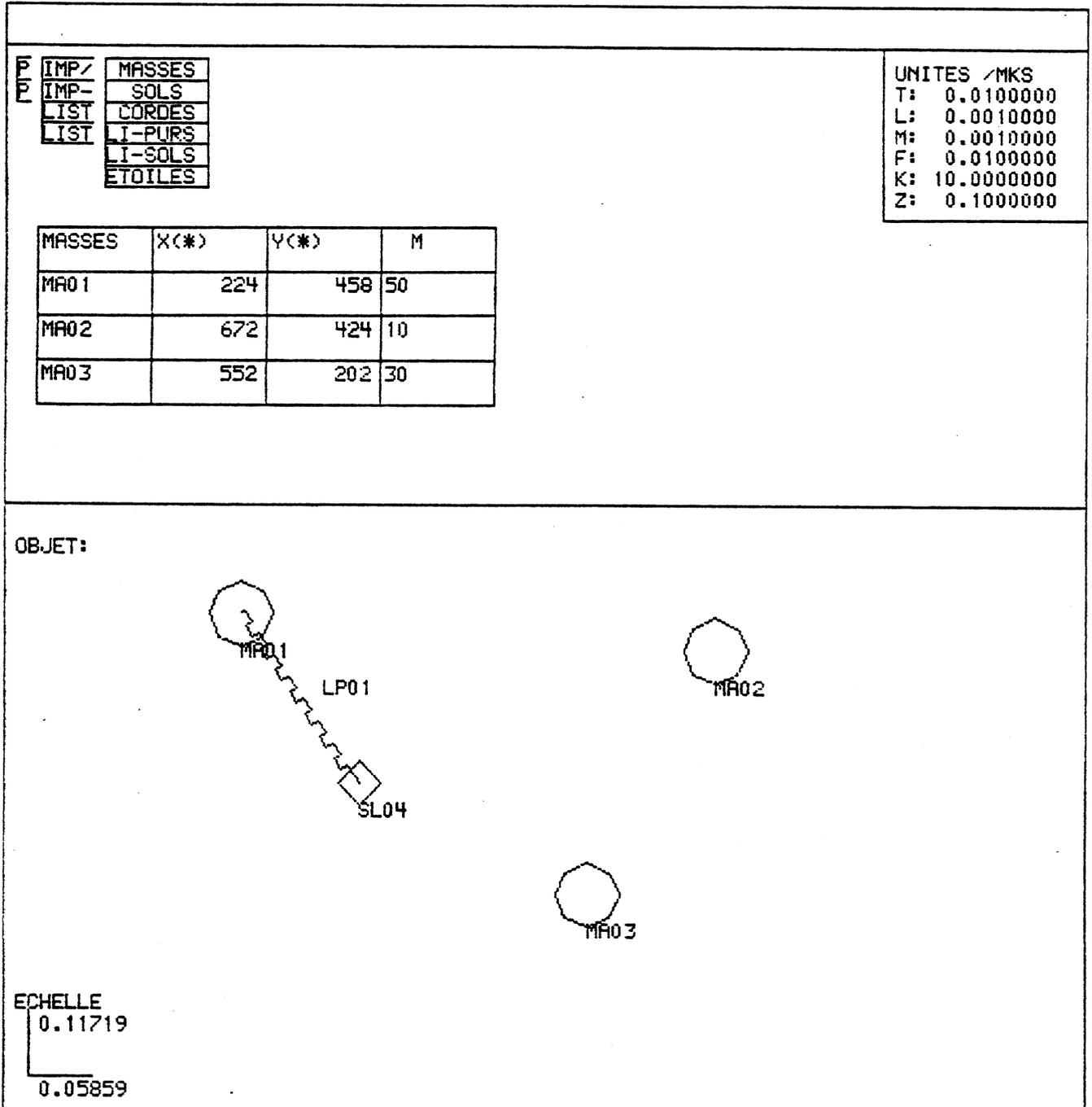
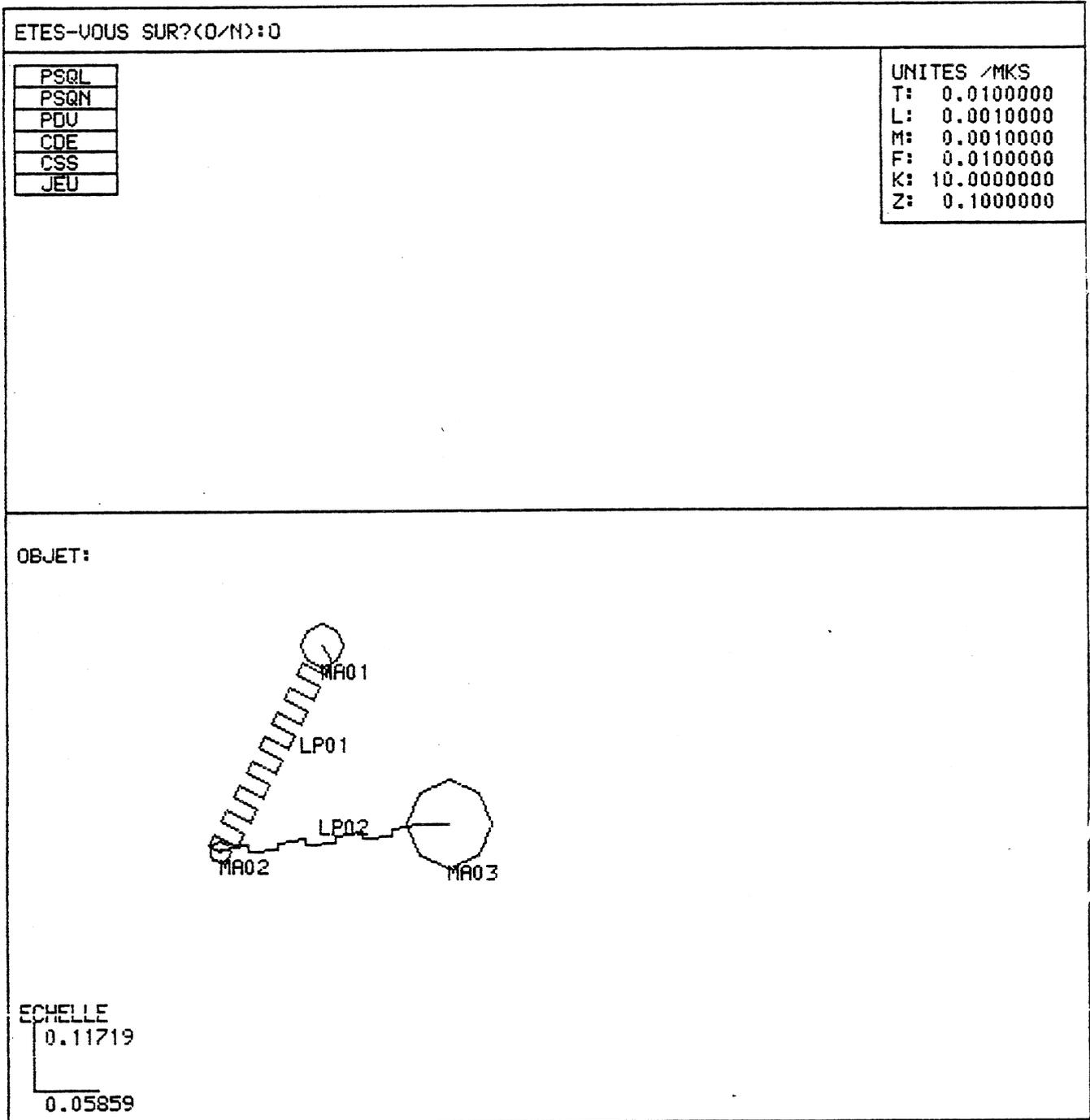


Figure III.20 - Représentation graphique des paramètres



III.4. LE LOGICIEL DE BASE DE DIALOGUE "ANIGRAPH"

La réalisation de l'environnement interactif de ANIMA (1983) nécessitait l'utilisation d'un logiciel de base de dialogue, c'est à dire d'un logiciel disposant de l'ensemble des fonctions permettant de décrire la communication entre l'application et l'utilisateur. Nous avons opté pour la réalisation d'un tel logiciel. Nous exposons ci-dessous les raisons de ce choix.

1. De nombreux logiciels ayant pour propos le dialogue interactif ont déjà été développés (Marty 84). Parmi ceux qui nous semblent les plus importants ou originaux, citons ceux développés par Tektronix (Plot 10, IGL) ou Mégatek, ainsi que GKS (ISO 82), GRIGRI (Leduc-Leballeur 78) et CLOVIS (Martinez 82). A l'exception de GRIGRI et des logiciels de conception plus récente tels que GKS ou CLOVIS, ils se présentaient pour la plupart, au moment de notre choix, comme un ensemble de fonctions ayant peu de cohérence entre elles.

2. De tels logiciels ont une forte orientation graphique. Les fonctions de visualisation sur écran sont très développées comparativement aux outils d'acquisitions. Ils portent généralement le nom de "logiciels graphiques de base". De ce fait, ils nécessitent des machines disposant de mémoires assez importantes et ne résolvent pas vraiment le besoin de logiciels de dialogue, non nécessairement graphiques, sur des petites machines. Ainsi GKS, en cours de standardisation, n'était pas disponible sous une forme légère et GRIGRI, commercialisé par MICADO, devait être notablement modifié pour être implantable sur notre machine.

3. La notion de l'indépendance de ce logiciel vis-à-vis de l'application est déjà ancienne (Lucas 77) et réalisée dans GRIGRI et GKS. Mais les possibilités réelles d'un tel logiciel sont souvent étudiées, explicitement ou non, en fonction de l'application ou de la classe d'applications visées. A défaut d'un langage permettant au concepteur de spécifier lui même la structure de la communication entre son application

et l'utilisateur, cette question subsiste et conduit toujours plus ou moins dans la pratique à réaliser un logiciel de dialogue de base "ad hoc" pour une classe d'applications.

Cette question nous semble être assez bien illustrée par la faible part occupée par les entrées dans les logiciels qui existent aujourd'hui. Celles-ci sont constituées essentiellement des 2 fonctions - "désigner" et "acquérir une valeur ou un couple de coordonnées" - , outils d'acquisition probablement suffisants pour une interactivité comme du dessin assisté. En ce qui concerne ANIMA, l'utilisateur doit communiquer à l'application des informations multidimensionnelles telles que répartition de matière ou de densité, ce qui nous conduit à réfléchir à des modes de saisie plus variés.

4. Nous avons mis l'accent, dans notre conception de l'outil de création, sur la relation entre le créateur et l'outil et nous sommes donc particulièrement attachés à l'étude de toutes les formes de dialogue entre un homme et une machine, dans un contexte de création. Bien que l'interactivité ne constitue pas notre centre d'intérêt principal dans cette problématique, nous ne pouvons la laisser totalement sans étude. Nous avons alors souhaité éclaircir certains besoins propres à notre cas spécifique, guidés par l'idée que les modalités de dialogue dans une situation de création, de par leur exigence, pourront être instructives au dialogue homme-machine en général.

III.4.1. STRUCTURE DE ANIGRAPH

Le tableau III.22 décrit schématiquement la composition de ANIGRAPH.

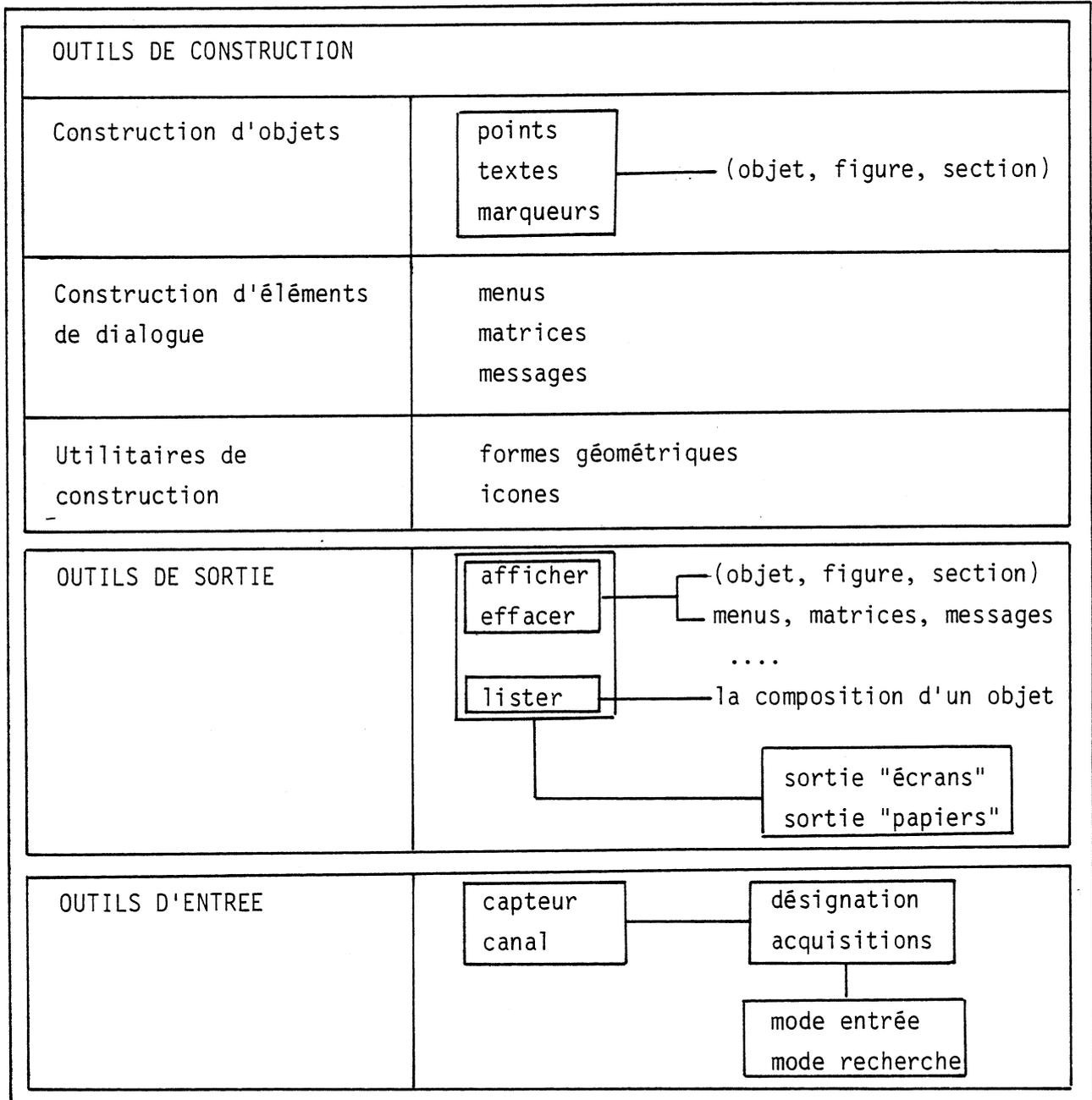


Figure III.22 - Composition de ANIGRAPH

Exemple : la section composée des points (A,B,C,D,E) peut définir (Figure III.23):

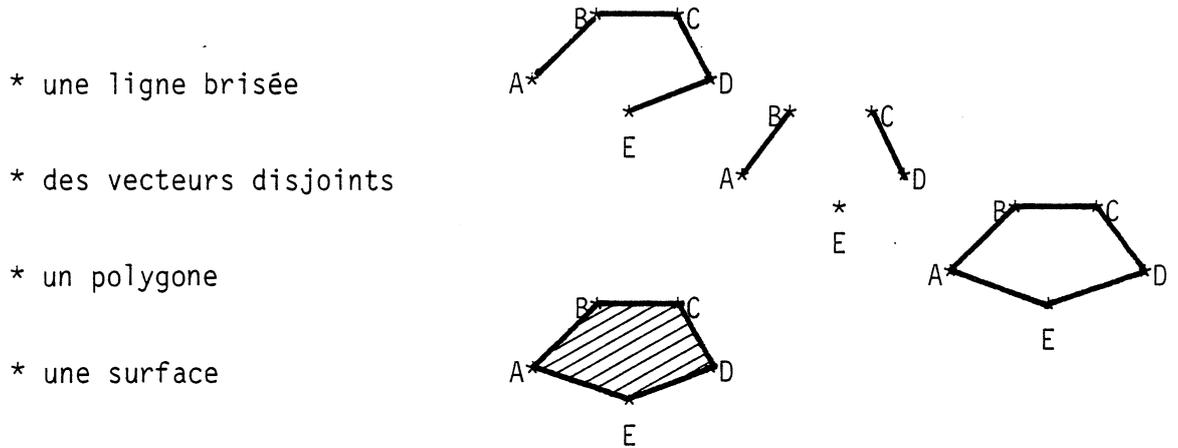
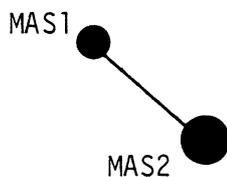


Figure III.23 - Un exemple de section ANIGRAPH

A chaque section est affecté un couple "clôture-fenêtre", qui précise la partie qui sera observée et sa position dans l'espace de visualisation.

Un marqueur est un symbole graphique ou alphanumérique affecté à une section. Il se génère et s'affiche indépendamment de sa section de rattachement. Mais sa position sur l'écran est relative à celle de cette section. Un de ces rôles est de permettre à l'utilisateur d'établir un lien entre une représentation graphique et une représentation alphanumérique, comme le montre la figure III.24.



"Voulez-vous détruire MAS1?"
"Voulez-vous détruire MAS2?"

Figure 24 - Exemple de marqueur alphanumérique

III.4.2.3. Utilitaires de construction

Le concepteur de l'interactivité qui va utiliser ANIGRAPH, a à sa disposition, en plus des outils de construction, une librairie de symboles prédéfinis sous la forme de procédures ou d'objets de type ANIGRAPH.

Il peut s'agir :

* de formes géométriques usuelles telles que cercle, carré rectangle ...etc...

* d'icônes tels que

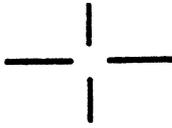
flèche		(taille, orientation, position)
croix		(taille, orientation, position)
main		(taille, orientation, position)
et autres symboles	* * *	

Figure III.25 - Icones utilitaires

Ces symboles sont paramétrés en taille, orientation, emplacement, texture, couleur et s'inscrivent dans une clôture-fenêtre.

III.4.2.4. Primitives de construction

Sur toutes les entités définies ci-dessus (objet, figure, section, marqueur, menu, message, matrice, symboles prédéfinis) s'appliquent les 2 primitives **CREER** et **DETRUIRE**.

III.4.3. OUTILS DE SORTIE

Les primitives de sortie sont **AFFICHER**, **EFFACER** et **LISTER**.

Les primitives "afficher" et "effacer" concernent tous les éléments créés par ANIGRAPH. La primitive "lister" permet de connaître la composition d'un objet.

Les sorties s'effectuent soit sur des écrans soit sur des supports papiers (imprimante ou table traçante)

A partir des sections, des descriptions des éléments de dialogue, des marqueurs ou des symboles, on constitue pour chaque type de support de sortie une liste d'affichage. Les listes d'affichages sont chaînées par type de sortie. On peut en supprimer (effacer) ou en rajouter (afficher). La génération des files d'affichage nécessite des traitements spécifiques selon le type d'éléments à afficher et le support de sortie.

Exemple : l'affichage d'un texte selon une clôture-fenêtre doit être précédé d'une découpe particulière du texte : démarrage du début du texte en haut à gauche de la fenêtre, détermination du nombre de caractères par lignes selon la taille des caractères et la largeur de la fenêtre, détermination du nombre de lignes dans la fenêtre, réalisation du mode rouleau pour dérouler un texte à l'intérieur de la fenêtre.

III.4.4. OUTILS D'ENTREE

Nous avons tout d'abord implanté les fonctions d'entrée usuellement utilisées. Celles-ci sont de 2 types :

* **IDENTIFIER**

- une section
- une zone de message
- une zone de matrice
- une fonction d'un menu.

* **ACQUERIR** une valeur ou un couple de coordonnées.

Les outils matériels utilisés sont les outils standard : clavier-console, réticule-écran, tablette graphique.

Puis, dans un deuxième temps, nous nous sommes posés les questions :

* d'élargir les entrées à n'importe quel type de périphérique physique. Ainsi, dans l'application qui nous concerne, ANIMA, nous avons besoin de pouvoir entrer des valeurs simples ou multiples à partir de périphériques du type capteurs de forces, de position ou autres conçus à partir d'une typologie du geste humain.

* de permettre à l'utilisateur d'organiser son geste de dialogue.

Un périphérique physique étant un intermédiaire entre l'homme et la machine, une classification et un tri devront être effectués parmi la totalité des capteurs pouvant être utilisés en fonction de cette typologie. Le système d'entrée comprendra donc un aspect matériel et logiciel.

III.4.4.1. Etude de quelques systèmes d'entrée

Parmi les différentes études et implantations de systèmes d'entrée de dialogue (van den BOS 80, ANSON 80/82, SEILLAC 80, ROSENTHAL 82, GKS 80), nous avons retenu 3 types de modèles, que nous dénommons modèle ANSON, modèle van den BOS, et modèle ROSENTHAL. Le modèle choisi pour G.K.S., qui a fait l'objet de la définition d'une norme, s'inspire essentiellement de ce dernier.

III.4.4.1.1. Le modèle "ANSON" :

Il se fonde sur une notion de machines d'entrées virtuelles. Celles-ci peuvent être simples ou composées. Une machine simple est l'atome du système et n'utilise pas la définition d'autres machines (ex : clavier ASCII, valuateur...). Une machine composée est constituée de machines simples interconnectées.

Le concept de machine virtuelle permet une définition modulaire et structurée d'interconnexions entre des machines et ainsi de définir n'importe quelle machine d'entrée.

La machine virtuelle fournit au programme une valeur logique selon un état. Cet état est déterminé par des événements externes (opérateur) ou internes (autres machines).

Une machine d'entrée est constituée de procédures, qui traitent les événements, et de fonctions qui, à partir de ces dernières, définissent son état.

III.4.4.1.2. Le modèle "ROSENTHAL" :

Ce modèle se fonde sur une répartition des organes physiques en classes définies en fonction de la nature de la valeur logique qu'ils sont susceptibles de rendre. On définit ainsi une machine logique (machine d'acquisition d'une position, machine désignation, machine chaîne de caractère...). Pour chaque machine, on définit un mode qui détermine la manière dont le programme peut accéder à cette valeur logique (mode requête, mode au vol, mode événement).

III.4.4.1.3. Le modèle "van den BOS":

Ce modèle permet de construire des outils à partir d'une grammaire hors-contexte et d'outils de base. Un outil est composé d'outils fils, imbriqués ou non, et d'opérateurs tels que opérateurs de Kleene, séquençement (;), disjonction (+), conditions. Le développement de l'expression se fait de gauche à droite et des restrictions permettent d'éviter les ambiguïtés ou les contradictions de manière dynamique. L'implantation est pour l'instant statique et dépend grandement du langage utilisé (langage C). Les outils de base sont du type désignateur, locateur, valuateur, touche clavier, bouton, horloge.

Nous adopterons un modèle proche du modèle de van den BOS mais où les outils de base seront classés plutôt en fonction de critères utilisateurs, c'est à dire en fonction d'une typologie du geste de dialogue humain et des modes de dialogue utilisateur.

On peut en effet remarquer que

* le modèle ANSON, qui inclut la notion d'action extérieure, est très général et peut être restreint en fonction d'une analyse de ces actions extérieures.

* le modèle ROSENTHAL est orienté côté application, puisque les outils de base sont classés en fonction de la valeur logique qu'ils fournissent. Une ambiguïté existe puisque on pourrait par exemple dire qu'une position correspond à un geste humain élémentaire. Mais il est probable qu'une classification fondée sur le dialogue côté utilisateur (gestes et modes de dialogue) aboutit à définir d'autres classes, incluant éventuellement celles-ci.

* le modèle van den BOS est également très général mais les outils de base sont du type ROSENTHAL.

III.4.4.2. Les concepts de ANIGRAPH

ANIGRAPH se fonde sur 2 notions hiérarchiques : CAPTEUR et CANAL.

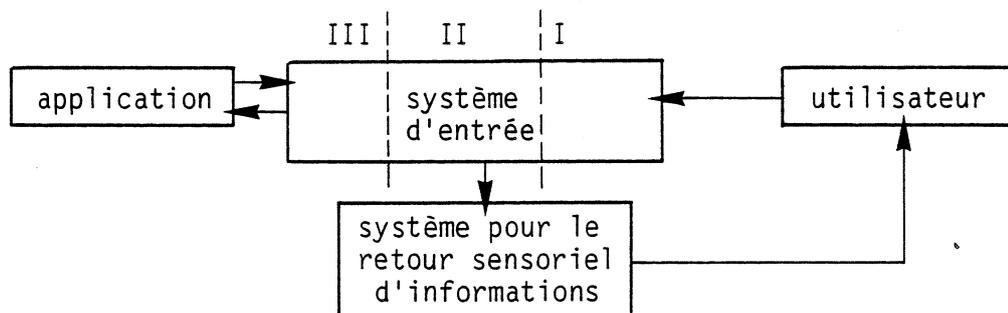
Un **CAPTEUR** est un outil défini de manière statique. Il sera stocké dans une librairie. ANIGRAPH disposera d'un certain nombre de capteurs prédéfinis. Mais le concepteur pourra étendre cette librairie. En effet, leur structure est déterminée et ils utilisent pour leur construction des outils de base définis dans ANIGRAPH.

Les capteurs de ANIGRAPH sont classés en fonction de gestes dits élémentaires.

Un **CANAL** permet de composer des capteurs entre eux de manière dynamique, en fonction d'une certaine grammaire et de contraintes. Cette composition est l'image de gestes complexes et de modes de dialogue.

Ainsi, un capteur est le support d'une action élémentaire et le canal le support d'une action composée. Les actions élémentaires sont prédéfinies. Les actions composées sont définies par l'utilisateur. Celui-ci a donc la possibilité d'organiser ses gestes ou actions de dialogue.

Diagramme général (Figure III.25):



- (1) geste de dialogue
- (2) retour d'informations vers l'utilisateur (visuel ou acoustique)
 - (I) fonction de communication avec l'opérateur,
 - (II) fonctions internes,
 - (III) fonction de communication avec la machine qui va utiliser l'entrée.

Figure III.25 - Diagramme pour les entrées de dialogue

On doit donc :

- * définir des actions élémentaires, support du dialogue,
- * définir une combinatoire entre ces actions élémentaires,
- * élaborer les outils informatiques support de ces actions, indépendants de l'application. Ils constitueront le système d'entrées gestuelles de dialogue.

III.4.4.3. Communication avec l'opérateur

III.4.4.3.1. Geste de dialogue/Geste de manipulation

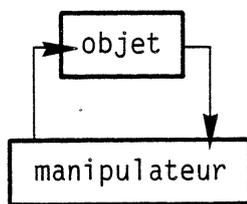
Le geste se déroule dans le temps et peut s'analyser en fonction de paramètres mécaniques tels que forces, vitesses, déplacements et positions.

Nous avons jusqu'à présent étudié, dans ANIMA, ce que nous avons nommé le geste de manipulation. Il nous faut, dans un premier temps, saisir les différences de nature qui peuvent exister entre le geste de manipulation et le geste de dialogue.

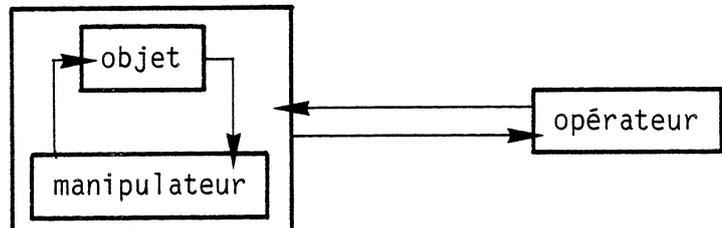
Il y a en effet une différence de nature entre l'action de désigner quelque chose ou de suivre quelque chose avec le doigt et l'action de modeler manuellement un objet.

Dans le premier type d'action, il y a une certaine distance symbolique entre l'objet et le manipulateur et un certain codage du geste. L'opérateur ne modifie pas lui-même l'objet. Il le fait par l'intermédiaire d'un "ordre", d'une "commande" et plus généralement d'un "langage", compris et exécuté par un autre système (un autre homme ou une machine par exemple).

Dans le deuxième cas, il est directement couplé sur l'objet.



situation de manipulation



situation de dialogue

La différence essentielle entre les 2 situations peut s'exprimer par le fait que les processus temporels mis en oeuvre au niveau du dialogue ne sont pas nécessairement synchrones avec ceux aboutissant à la modification réelle de l'objet par manipulation.

On peut schématiser le déroulement temporel des processus d'entrée dans les 2 cas comme suit (Figure III.26):

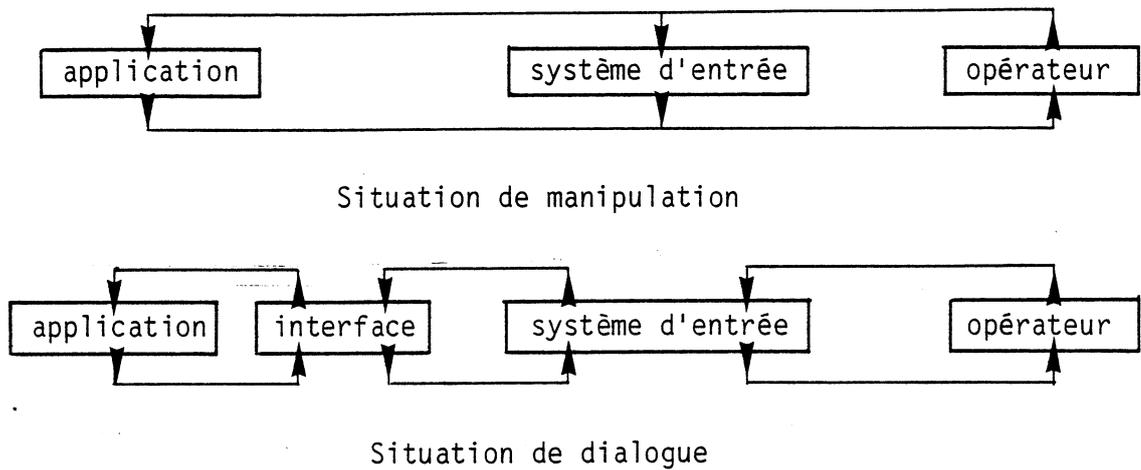


Figure III.26 - Entrée de manipulation et entrée de dialogue

III.4.4.3.2. Différents types de geste de dialogue

On peut distinguer :

* le geste de sélection qui s'applique sur un organe physique spatialement discret (ex: clavier).

L'opérateur dispose devant lui de N objets discrets : boutons, zones dessinées sur un écran, objets divers existants réellement ou représentés graphiquement, susceptibles d'être sélectionnés ((1 potentiomètre, 1 tablette, 1 clavier,...), (1 pomme, 1 vase, 1 carré... dessinés sur l'écran), (zones d'un menu)...).

Il peut sélectionner ces objets

- 1 parmi N,
- P indépendants parmi N,
- P corrélés parmi N.

Dans ce type d'actions, il n'y a pas de processus temporels proprement dits, c'est à dire nécessitant la mesure d'un intervalle de temps. Par contre, interviennent des relations du type relations logiques ou relations d'ordre (avant, après, pendant, si...alors,...).

* le geste analogique qui s'applique sur un organe sur lequel on peut agir continûment (souris, potentiomètre, capteur d'effort...), c'est à dire sur lequel on exerce une action pendant une durée T. C'est un geste pour lequel l'enchaînement temporel est important.

Remarque : lorsque l'on déplace un curseur sur l'écran à partir des touches \rightarrow \leftarrow \uparrow \downarrow d'un clavier, il s'agit d'un geste de type analogique, bien que s'exerçant sur un clavier. En fait, ce type de clavier permet les 2 types de gestes : sélectionner une touche (geste de sélection) et agir continûment pendant un certain temps sur un organe, en l'occurrence la touche sélectionnée, (geste analogique).

* Tout geste de dialogue peut se définir par combinaison de ces gestes élémentaires indépendants.

Un cas simple et courant est celui d'un geste analogique encadré par des gestes de sélection : sélection du transducteur gestuel (ex: potentiomètre),
action analogique,
dé-sélection du transducteur.

III.4.4.3.3. Les modes de dialogue

Le mode définit un "comment" à l'action gestuelle de dialogue.

Nous avons défini 2 modes essentiels, le mode "entrée simple" et le mode "recherche".

* le mode "entrée" : l'utilisateur connaît la valeur ou la suite de valeurs, par des moyens qui lui sont propres.

Exemples : entrée d'un réel au clavier alphanumérique; entrée d'une chaîne de caractères...

Il y a appel du capteur ou du canal adéquat, entrée de la valeur ou de la configuration de valeurs, renvoi de celles-ci à l'application, et retour à l'application. C'est l'application qui a la charge de renvoyer un retour d'information à l'opérateur et de permettre un rappel du système d'entrée.

* le mode "recherche" : l'utilisateur ne connaît pas à priori la valeur ou la configuration de valeurs et souhaite s'aider des entrées et d'une interactivité pour la déterminer.

Exemples : il souhaite trouver la taille d'un objet ou sa position dans l'espace adéquates par rapport à un autre objet; il veut trouver une configuration particulière pour la répartition de l'élasticité d'une surface.

Dans ce cas :

- * l'action consiste à fournir plusieurs configurations de valeurs successives $C_1 \dots C_i \dots C_n$,

- * une représentation des C_i successifs doit être retournée à l'opérateur,

- * celui-ci doit avoir les moyens de dire quelles sont les C_i qui lui conviennent au fur et à mesure de leur détermination.

Intervient ici le fait qu'il ne s'agit pas seulement d'entrées mais d'entrées de dialogue, donc intégrées dans un système interactif, interactif signifiant que l'application ou tout autre processus (tout ou partie) retourne de l'information à l'opérateur et l'aide dans sa recherche.

Dans le cas où l'opérateur a besoin de la totalité de l'application pour déterminer les configurations qu'il cherche, il choisira le mode "entrée" (exemple : si la détermination d'un paramètre nécessite un calcul type "application"). Le mode "recherche" n'a en effet tout son sens que dans le cas où l'opérateur peut choisir ses configurations à partir d'une représentation (graphique par exemple) de tout ou partie de l'application.

III.4.4.4. Primitives internes des éléments de ANIGRAPH

On retrouve dans la notion de capteur des éléments adoptés par les modèles précédemment cités. Un capteur est constitué d'un ensemble d'éléments tels que :

- * primitives d'initialisation
- * primitives rendant la valeur logique
- * procédures de traitement d'événements
- * procédures délivrant des variables d'état
- * variables d'état
- * procédures de représentation de valeurs

Il peut utiliser des utilitaires tels que :

- * initialisation d'horloges
- * initialisation de convertisseurs analogiques/numériques
- * acquisitions de valeurs (clavier, convertisseurs, périphériques spécifiques tels que tablette graphique...) en mode programmé ou sous interruption
- * traitement des données acquises

Un capteur peut supporter plusieurs organes physiques ou partager des organes physiques avec d'autres capteurs. Ce partage, qu'il soit simultané ou séquentiel peut provoquer des conflits lors d'activation de capteurs utilisant la même ressource. C'est dans le canal que s'exécuteront les différentes fonctions du capteur, compte tenu des différents capteurs contenus dans le canal et de la syntaxe de ce dernier.

Un canal est un ensemble de capteurs :

canal = (ensemble de capteurs)

Dans le modèle de van den Bos, cet ensemble est relié par des opérateurs indiquant le sens de lecture, les priorités ou les boucles de lecture sur les capteurs. Cette forme est lourde dans le cas d'une interprétation dynamique du canal.

L'interprétation doit résoudre les conflits pouvant apparaître lors de l'exécution des fonctions de cet ensemble de capteurs. Elle peut être effectuée par un analyseur de type automate d'états finis. Le traitement d'un capteur va se traduire par l'activation de ses fonctions d'initialisation, des primitives restituant les valeurs logiques et des primitives de représentation de données.

L'initialisation séquentielle apporte des limitations sur les synchronisations entre les capteurs. Ce traitement de succession peut être pris en charge soit entièrement par l'analyseur, soit inclus dans la définition du capteur. Dans ce cas, l'analyseur passe au capteur suivant les informations de succession.

Ce modèle ne prévoit pas de bouclage entre les capteurs. La notion de boucle, qui supporte un parallélisme sur les gestes d'entrée, doit être gérée au niveau du capteur lui-même. L'exemple le plus courant est l'acquisition de plusieurs valeurs successives en mode recherche sur un organe analogique suivie d'une acquisition logique sur un autre organe indiquant une validation.

Nous entendons par "représentation de valeurs", le retour sensoriel d'informations vers l'utilisateur couplé à une entrée de dialogue. Il s'agira dans ANIGRAPH d'une représentation visuelle sur l'écran de dialogue. Cette représentation peut être indépendante de l'application. Elle se fera à l'aide de procédures spécifiques, activées par le capteur ou le canal. Elles apparaîtront donc en paramètres de ceux-ci.

A l'intérieur du canal, le traitement du capteur i consiste à :

- * faire les initialisations sur le capteur i ,
- * lire les valeurs logiques du capteur i ,
- * mettre à jour les valeurs logiques à rendre par le canal,
- * traiter la succession i --suivant(i),
- * appeler le traitement du capteur suivant.

III.4.4.5. Communication avec l'application

La communication avec l'application s'effectue par l'intermédiaire d'un système d'interface, comprenant une zone commune de données (ZCOM), et un ensemble de fonctions ou de procédures (CP). Le rôle de cette interface est de permettre un fonctionnement autonome, voire même en parallèle, de l'application et du système d'entrée/sortie de dialogue (Figure III.27).

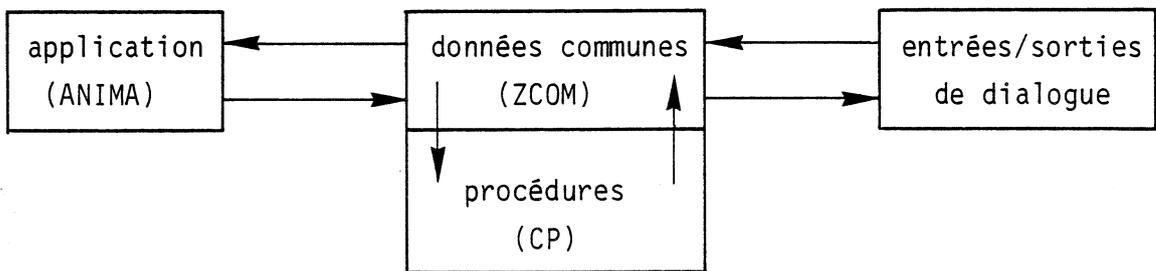


Figure III.27 - Communication avec l'application

L'application et le système d'entrée communiquent par ZCOM. Les données de ZCOM peuvent subir un traitement intermédiaire par CP avant leur utilisation par l'une ou l'autre des machines.

Cette zone de communication contient les données en provenance de l'application, nécessaires pour exécuter la tâche définie par une procédure CP, et les données en provenance de l'entrée qui seront soit lues directement par l'application, soit traitées également par CP.

Les procédures CP sont des procédures appelées par l'entrée de dialogue. Leur rôle consiste d'une part à générer les informations pour le retour sensoriel vers l'opérateur (pour la représentation graphique par exemple), d'autre part, à éventuellement mémoriser et prétraiter les informations captées.

Quelques exemples :

1. entrée de la valeur d'une masse au clavier en mode "entrée simple" et retour de l'information sur l'écran de dialogue (une masse de valeur m est représentée sur cet écran par un cercle de rayon r proportionnel à m). ANIMA active successivement :

stocke (x,y), _____
dans ZCOM

MODIFICATIONMASSE (x,y)

nom du capteur _____
mode de l'entrée _____
procédure CP : r, valeur acquise est stockée _____
dans ZCOM

LECTUREMASSE (x,y,r)

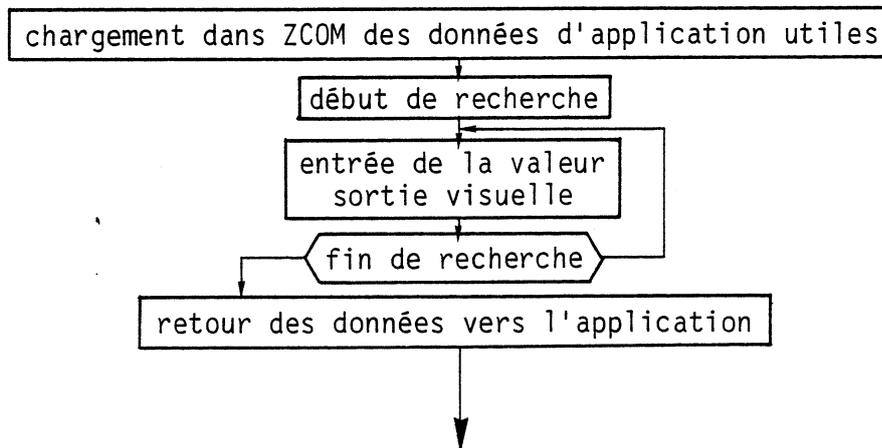
calcul la nouvelle _____
valeur de la masse _____

2.idem en mode recherche

MODIFICATIONMASSE (x,y)
CLAVIER(recherche(indicdébüt, indicfin), cercle(x,y,r))
LECTUREMASSE (x,y,r)

Dans ce mode, ANIMA fournit les données (x,y) à ZCOM. A partir de la commande de début de recherche (indicdébüt), le capteur CLAVIER effectue l'acquisition de r et le tracé du cercle correspondant en boucle, indépendamment donc de l'application. A la commande de fin de recherche (indicfin), l'application calcule la valeur de la masse à partir de la dernière valeur de r, sur laquelle s'est arrêtée la recherche.

Dans le mode recherche, l'application ne communique avec l'interface qu'en début et fin de processus de recherche.



Cette interface doit être réalisée par le programmeur d'application.

Cependant, certaines procédures, parmi les plus couramment utilisées dans une entrée/sortie de dialogue (affichage de certains symboles tels que curseur, flèche, ou de certaines fonctions en mode recherche telles que "rubber band") ont été incluses dans ANIGRAPH et sont disponibles pour le programmeur de l'application.

III.4.4.6. Les fonctions implantées

Nous les avons restreintes aux fonctions essentielles nécessaires aujourd'hui à ANIMA. En effet, le propos dans cette étude ne porte pas essentiellement sur l'étude d'un système d'entrée de dialogue.

Compte tenu cependant des besoins réels, actuels et futurs, du système ANIMA en entrées/sorties de dialogue, il nous a semblé utile d'intégrer, dès cette étude, un embryon de système d'entrée de dialogue qui tienne compte de notre réflexion générale dans le domaine du contrôle gestuel. Nous avons mené cette réflexion dans le but de permettre, à terme, le lien conceptuel entre geste de dialogue et geste de manipulation.

Ont été implantées la totalité des fonctions nécessaires à la définition :

- * d'un capteur de recherche pure à partir de la souris standard de la tablette graphique ou d'un système analogique quelconque de 1 à n degrés de liberté,

- * d'un capteur intégré recherche/sélection, l'organe analogique étant du type précédent, et l'organe de sélection du type clavier.

Les primitives de représentation de données sont constituées de primitives standard incluses dans ANIGRAPH : tracé d'une croix, d'un curseur, d'une flèche, suivi par "rubber-band", ainsi que de l'ensemble de primitives de représentation graphique utiles pour ANIMA (représentation de la masse (cercle), du ressort/frottement (zig-zag), du sol (triangle)...).

Ces réalisations permettent l'utilisation, dans ANIMA, du capteur "coccinelle", (x,y,Gx,Gy,Fz) , que nous avons réalisé afin de pouvoir rechercher gestuellement les valeurs d'un ensemble de paramètres pour un objet mécanique de type ANIMA.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

IV.1. EXEMPLES DE SIMULATION ET RESULTATS

Le prototype d'outil de création que nous avons décrit se présente aujourd'hui sous la forme d'une configuration matérielle et d'un ensemble de logiciels.

La configuration matérielle comprend :

- * un micro-ordinateur :
 - . 28 Kmots mémoire de 16 bits
 - . horloge programmable
 - . cartes de conversion analogiques/numériques et numériques/analogiques
- * une unité de sortie sonore,
- * une unité de visualisation en temps réel d'éléments graphiques bi-dimensionnels,
- * un processeur de calcul vectoriel :
 - . 8 Kmots de 64 bits de mémoire de données,
 - . 2 Kmots de 32 bits de mémoire de programme
 - . 12 MFlops.

Du point de vue logiciel, il se compose de plusieurs versions, car, autant pour l'environnement interactif que pour la simulation en temps réel, nous avons souvent atteint les limites de notre équipement.

L'environnement interactif est implémenté dans le LSI et fait l'objet de 3 versions :

* Une version de base qui contient tous les éléments de ANIMA, tels qu'ils sont décrits dans le paragraphe II.3.3, avec pour chacun d'eux, les deux types de représentation, représentation de travail et représentation de contrôle. Cette version intègre la version maximum de ANIGRAPH, avec le sous-système d'entrées de dialogue et la définition interactive gestuelle des paramètres mécaniques (cf paragraphe III.3.3.5.). Elle allie interactivité graphique et interactivité alphanumérique, par la présence fréquente de messages de contrôle et par la possibilité de définition alphanumérique des actions. Cette version est donc complète mais elle n'est pas opératoire car nous ne pouvons créer que des petits objets de 4 ou 5 masses.

* Une version opératoire qui comprend seulement les éléments de base - masse, sol, liaison pure, liaison conditionnelle de proximité, vecteurs, éléments d'entrées/sorties gestuelles. Leur représentation à l'écran est uniquement une représentation de contrôle.

On peut créer des objets de complexité plus grande, environ une quarantaine d'éléments de chaque type.

* Une version "son" qui contient l'utilisation interactive de l'élément "cellule" de CORDIS.

Les programmes de simulation sont implémentés dans l'AP120 et sont regroupés en 2 versions :

* une version purement "image", avec laquelle nous n'avons pas atteint les limites de l'AP120, ni en rapidité de calcul, ni en encombrement mémoire, puisque le système s'est trouvé d'abord limité par la complexité des structures que nous permettait l'environnement interactif dans le LSI;

* une version "son", où nous atteignons les limites de rapidité de calcul de l'AP120 sur un objet relativement simple, composé d'environ 5 masses, 20 liaisons ressort-frottement, 6 cellules CORDIS calculant à 12 KHz.

C'est sur cette configuration matérielle et avec ces différentes versions logicielles que nous avons réalisé les différentes simulations que nous allons présenter.

IV.1.1. OBJETS OBTENUS A PARTIR DE LA SIMULATION D'UNE SURFACE ELASTIQUE

La figure IV.1 représente la description de la surface mécanique. Celle-ci se compose d'une grille carrée quasi-régulière de 25 masses et de 31 liaisons pures ressort-frottement.

L'animateur anime la surface en l'entraînant par l'un de ces points à l'aide d'un stick à 2 degrés de liberté. Le stick fournit une position (PX, PY). Il est connecté à une masse de la surface par un élément ressort-frottement.

IV.1.1.1. Animation d'une surface élastique

Sur l'écran temps réel, la surface est représentée par une grille analogue à la grille mécanique. Elle est saisie par un des points de son contour.

Les photographies IV.2 et IV.3 montrent l'animation de cette surface.

IV.1.1.2. Animation d'un anneau

Sur l'écran temps réel, nous avons créé, à partir de la surface mécanique précédente et à l'aide des primitives "point" et "vecteur" de ANIMA, une autre forme, celle d'un anneau.

La figure IV.4 situe l'anneau visuel par rapport aux éléments mécaniques.

L'anneau est animé en déplaçant un point central de la surface.

Les figures IV.5, IV.6, IV.7 montrent des animations de cet objet.

IV.1.1.3. Animation de deux anneaux couplés

Nous avons créé, à partir de la même surface, un nouvel objet composé de 2 anneaux, qui sont visuellement indépendants puisqu'aucun élément graphique ne les relie, mais qui sont mécaniquement couplés. Sur l'écran temps réel, nous voyons donc 2 objets distincts qui vont interagir. L'ensemble est animé à partir d'une seule intervention gestuelle, l'entraînement du point central de la surface mécanique. Ce point n'est pas non plus représenté visuellement.

La figure IV.8 décrit la construction mécanique de ce double objet.

IV.1.1.4. Ce que nous déduisons de cette expérience

Cette expérience nous permet d'explicitier une caractéristique importante du modèle mécanique, qui est sa généralité.

Le modèle mécanique est génératif car on peut, à partir d'un même modèle, générer des objets perceptivement différents, dans leur forme et dans leur mouvement (Figure IV.9); dans leur forme, en les associant à diverses formes visuelles; dans leur mouvement, en modifiant leur manipulation.

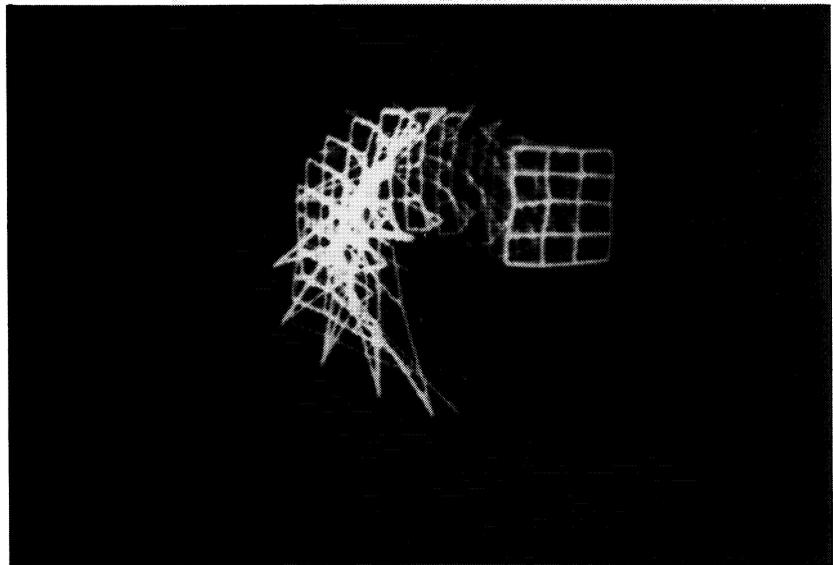
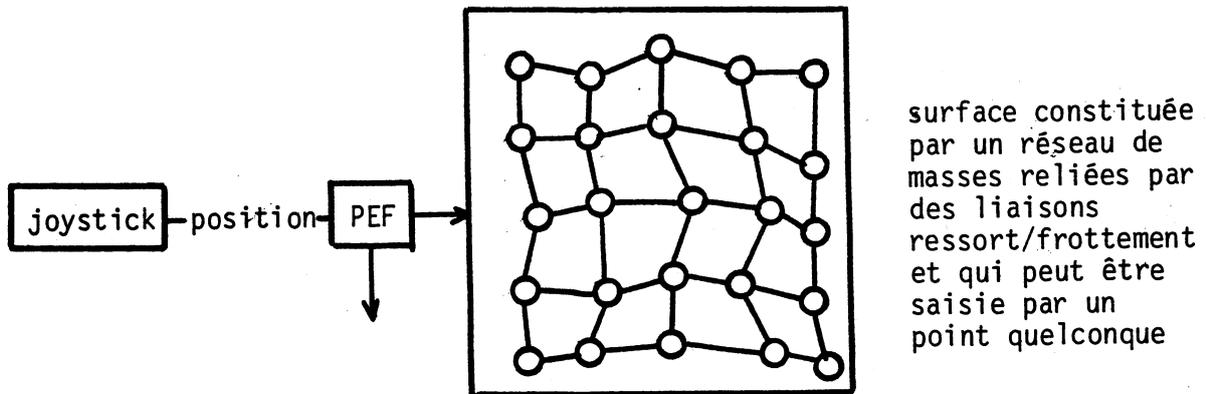
Il nous permet donc de découvrir d'autres modèles d'objets ou d'associer des modèles à des mouvements perçus.

Il est à ce titre un bon support pour l'apprentissage du mouvement et de ce qui le produit.

Ainsi, nous sommes partis d'une idée préconçue - une surface déformable - et nous avons cherché le modèle qui la réalise - dans nos exemples, le modèle de surface auquel nous avons spontanément pensé est assez rustique et est en fait assez proche de l'idée de l'objet -.

Mais une fois ce modèle créé, il suscite la production d'autres objets et nous apprend à modéliser d'autres phénomènes - dans nos exemples, en changeant simplement la représentation visuelle de ce modèle, nous avons appris à modéliser 2 objets distincts en interaction - .

Figure IV.1 - Description d'une surface mécanique élastique



Figures IV.2 - IV.3
Animation d'une surface élastique

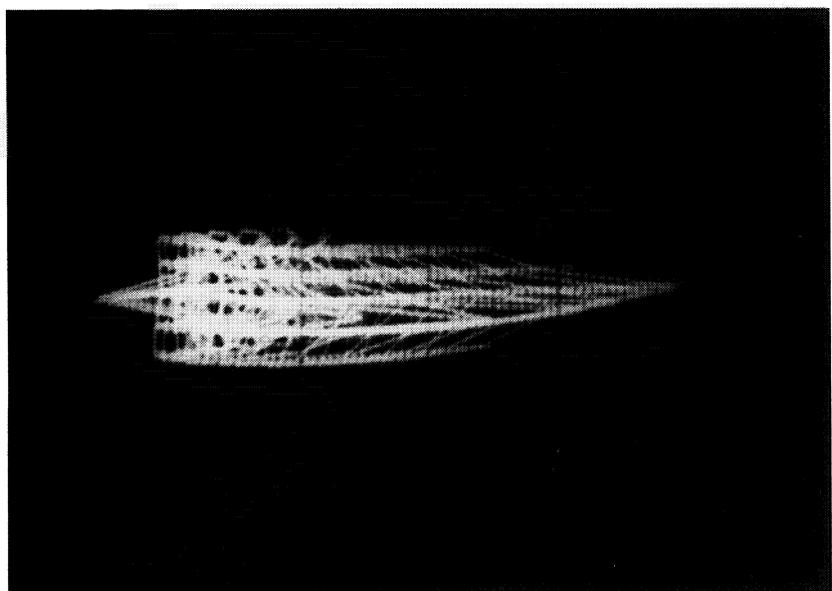
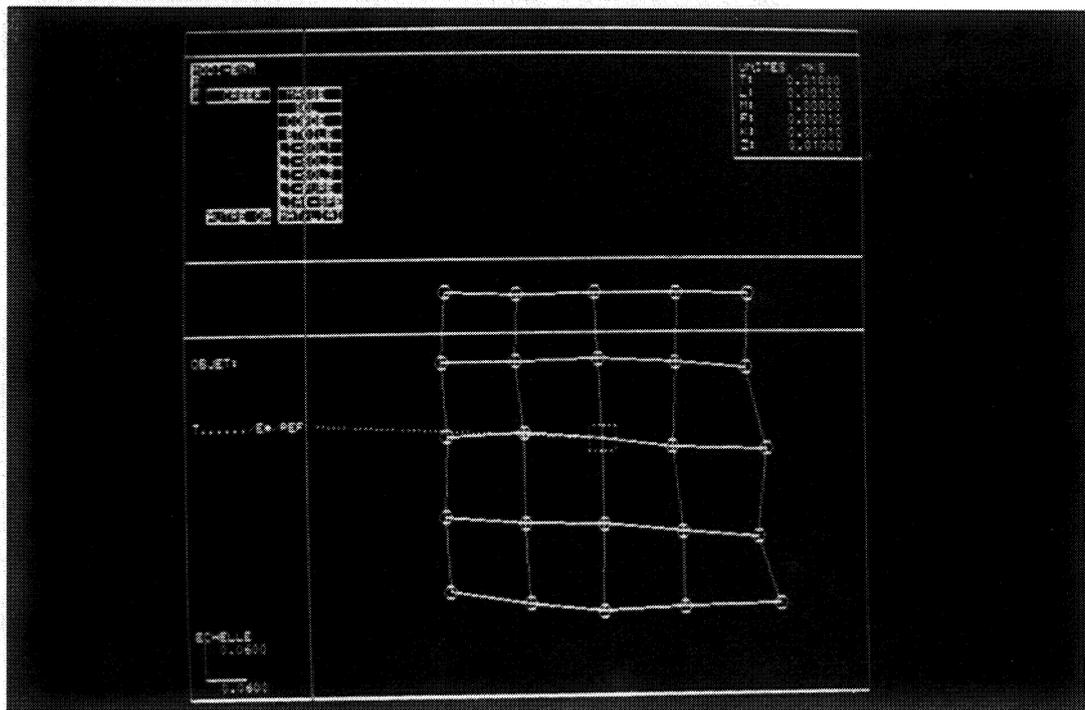
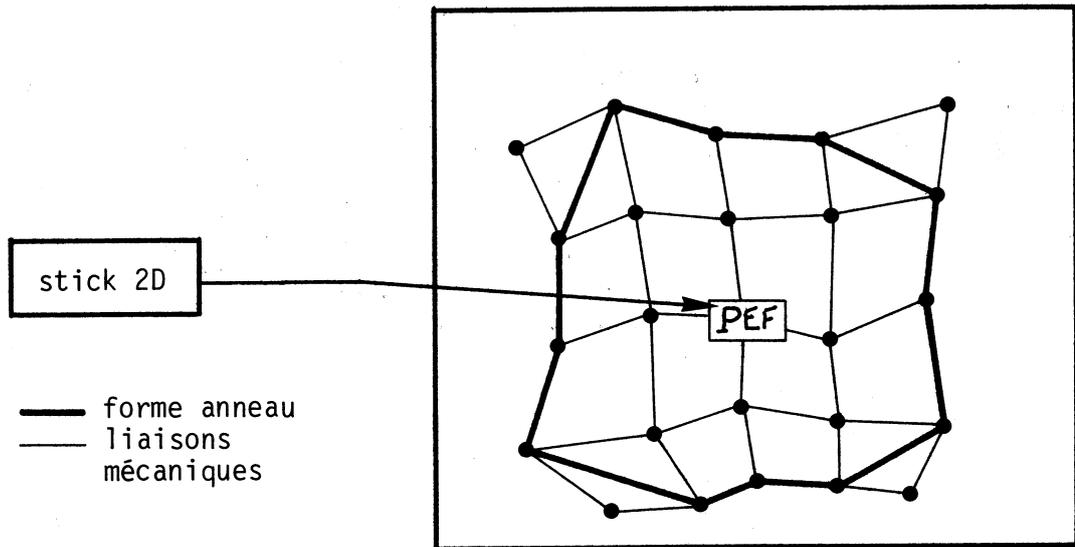
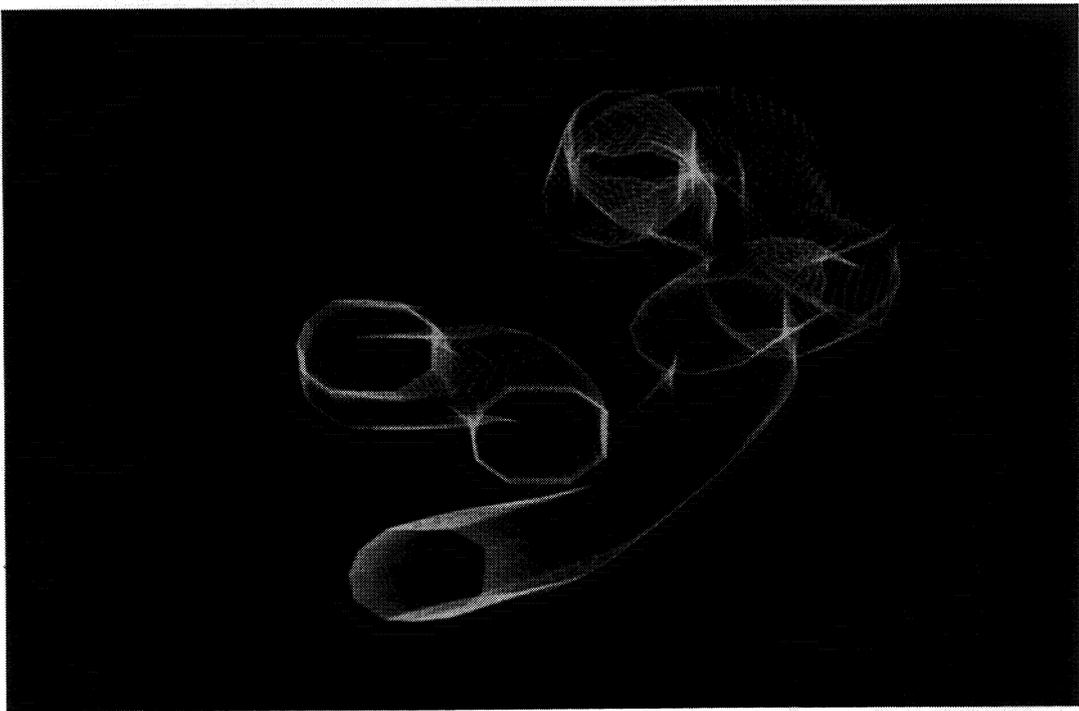
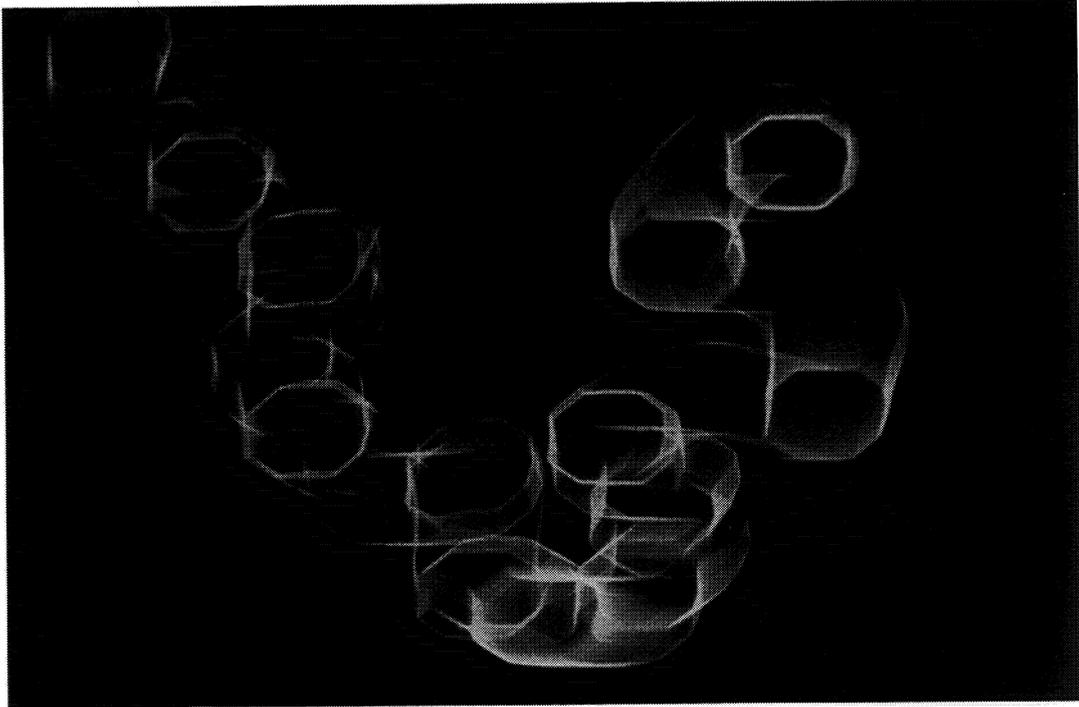


Figure IV.4 - Une forme "anneau" sur le modèle mécanique d'une surface



Figures IV.6 et IV.7 - Animation d'un anneau (suite)



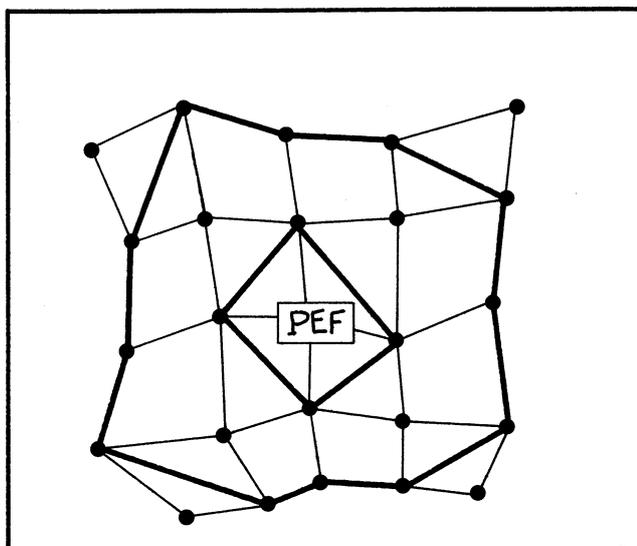


Figure IV.8 - Construction de 2 anneaux mécaniquement couplés

Figure IV.9 - Relations entre un modèle mécanique, des formes visuelles et des séquences d'images animées

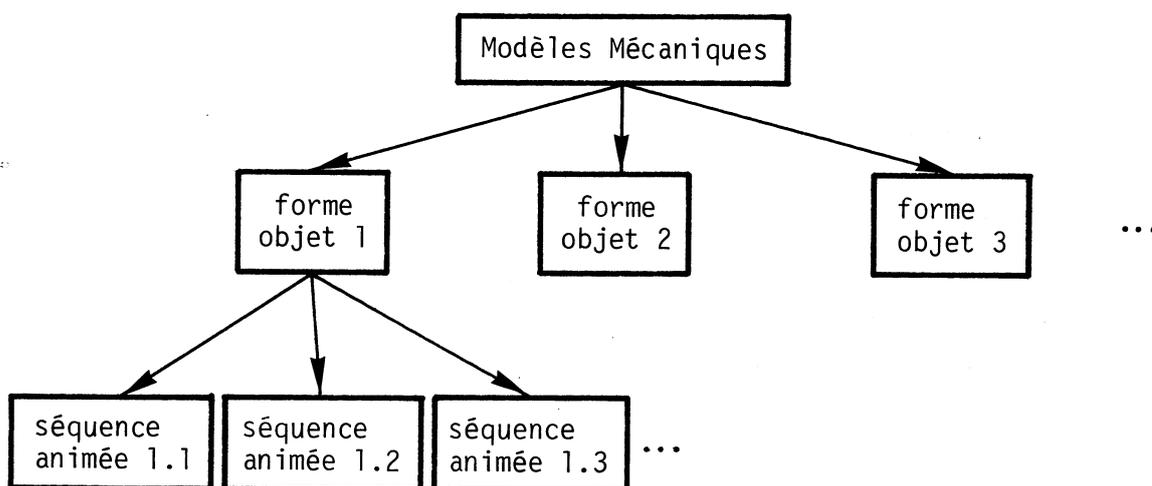


Figure IV.9 - Relation entre modèles mécaniques, formes visuelles et mouvement

IV.1.2. SIMULATION D'UNE SCENE : JEU AVEC UN PUNCHING-BALL

Dans ces simulations, nous illustrerons plus particulièrement les liaisons conditionnelles de proximité et le retour d'effort vers l'opérateur.

La figure IV.10 décrit la scène dans les termes du langage ANIMA.

La figure IV.11 est une recopie de l'écran de dialogue.

La scène est constituée d'un objet, le "punching-ball", modélisé par un treillis hexagonal de 7 masses reliées par des liaisons ressort-frottement; cet objet est relié aux sols, également par des liaisons ressort-frottement; il est percuté, à l'aide de la touche rétroactive, en l'un de ses points; la liaison entre la touche et le punching-ball est une liaison conditionnelle de proximité; l'animateur perçoit gestuellement les effets du choc sur l'objet, au moment où il percute celui-ci.

Différentes séquences ont été réalisées en changeant la raideur des éléments élastiques de l'objet (Figures IV.12, IV.13, IV.14, IV.15).

Ce que nous retirons de cette expérience :

* l'importance du retour d'effort gestuel, qui permet d'effectuer des gestes très fins et de trouver ainsi des comportements de l'objet qui soient perçus comme des "intentions" de l'animateur ou des "expressions" de l'objet.

* Plus concrètement, la difficulté, par ce type de modèles, de générer des objets assez indéformables. Cette limitation provient d'une part, de la limitation des valeurs des paramètres de raideur et de frottement ainsi que de la fréquence d'échantillonnage, d'autre part, du nombre d'éléments relativement faible que nous pouvons simuler.

* le problème du "retournement du ressort" : le punching-ball peut prendre plusieurs "formes" stables.

Figure IV.10 - Description mécanique du "Punching-ball"

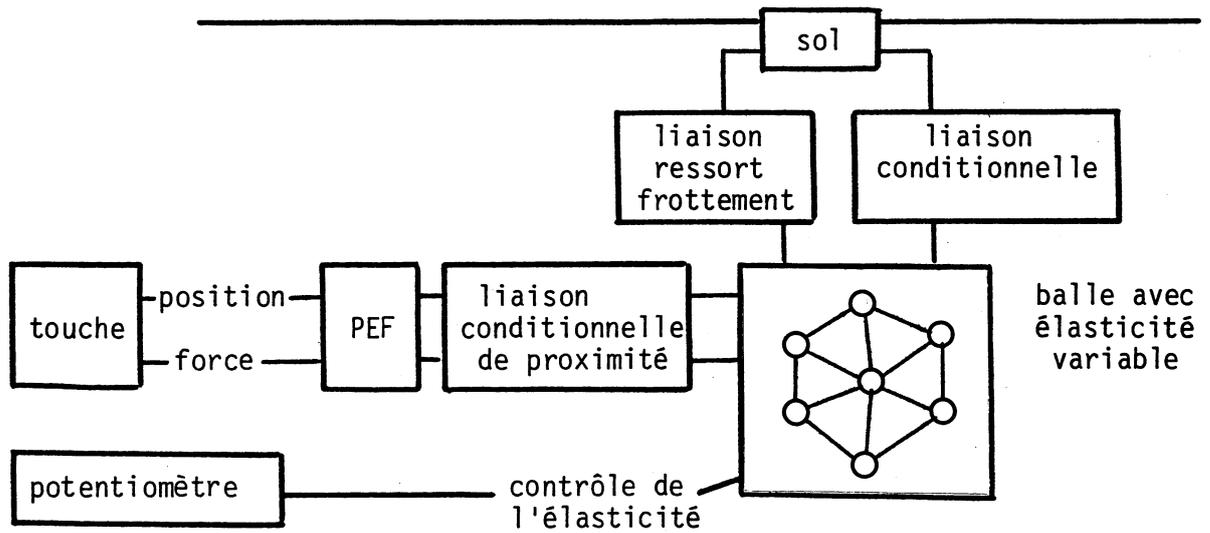
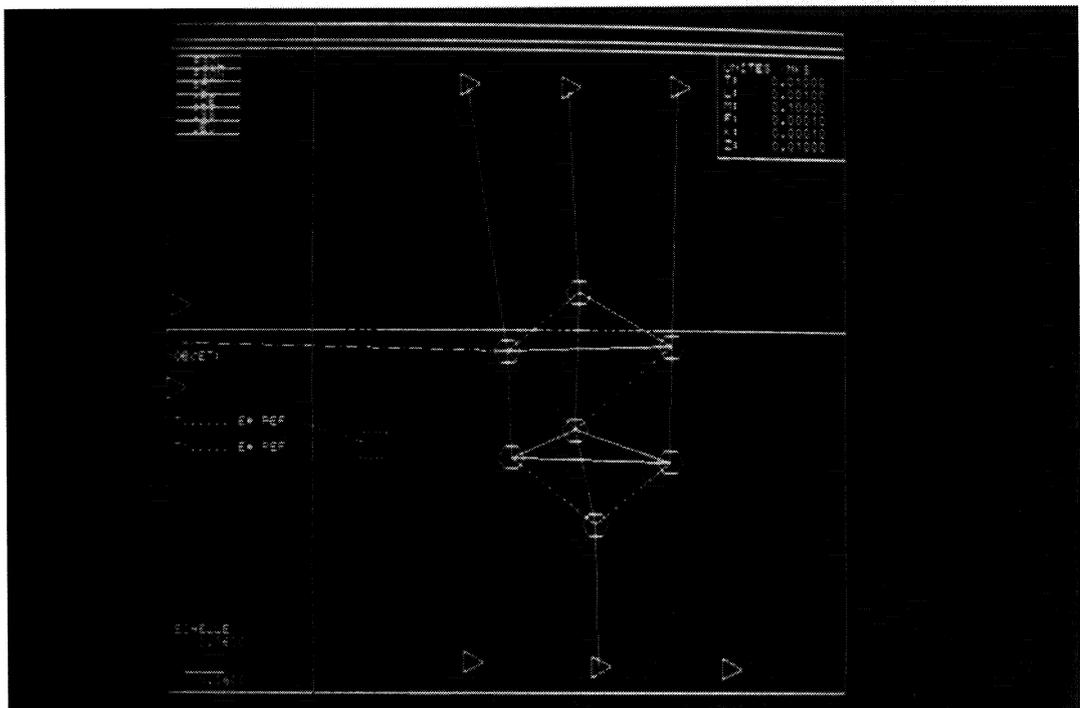
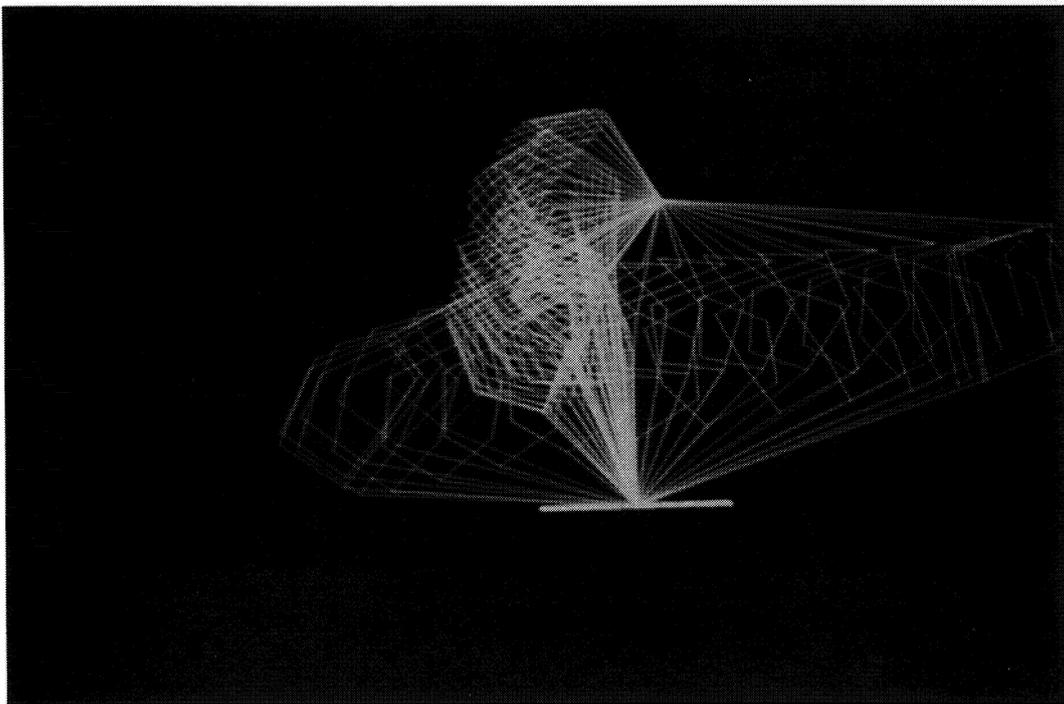
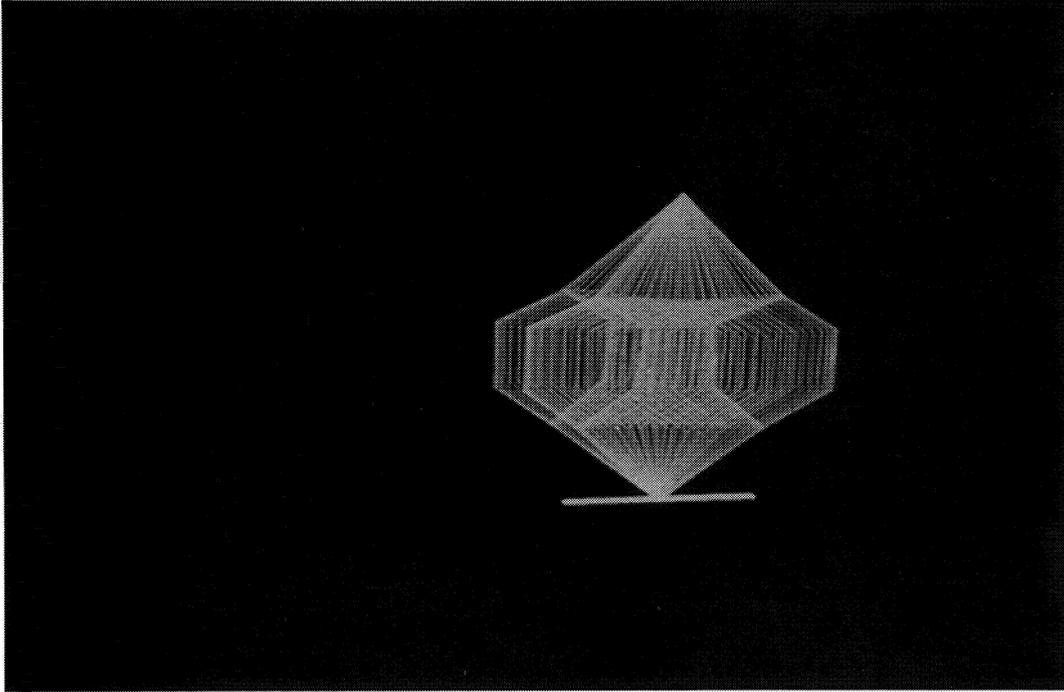


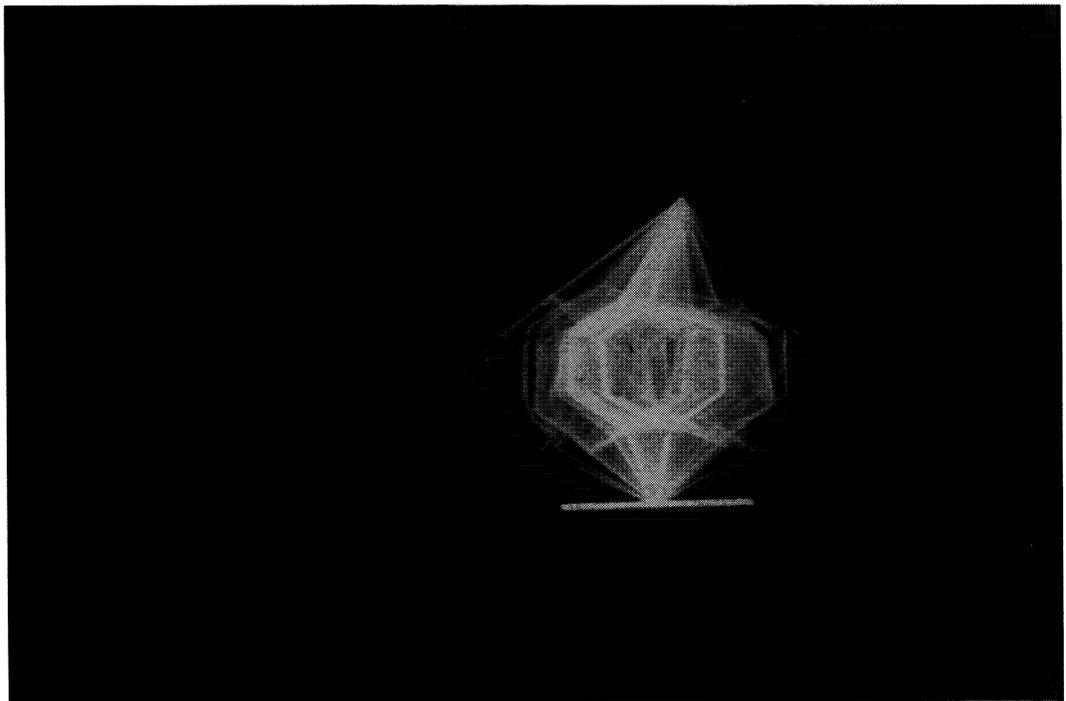
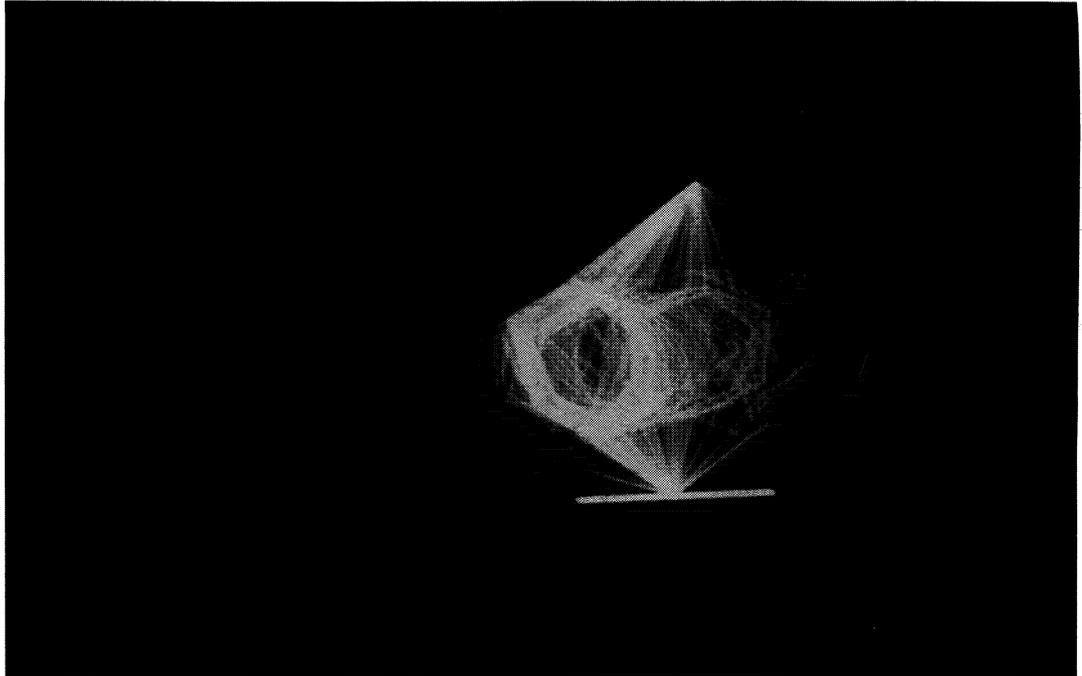
Figure IV.11 - Le "Punching-ball" sur l'écran de dialogue



Figures IV.12 et IV.13 - Animations du "Punching-ball"



Figures IV.14 et IV.15 - Animations du "punching-ball"



IV.1.3. SIMULATION D'UNE SCENE MULTI-SENSORIELLE : LE JEU DE TENNIS RETROACTIF ET SONORE

Dans cette simulation, nous illustrons :

- * les liaisons conditionnelles multiples,
- * l'animation d'un objet très déformable par un geste simple - une percussion - mais avec retour d'effort,
- * la représentation d'une scène multi-sensorielle, où, à partir d'une même simulation, nous produisons les perceptions visuelles, sonores et gestuelles.

La scène (Figure IV.16) est constituée :

- * d'une "balle" triangulaire très déformable composée de 3 masses reliées par des liaisons ressort-frottement (Figure IV.17),

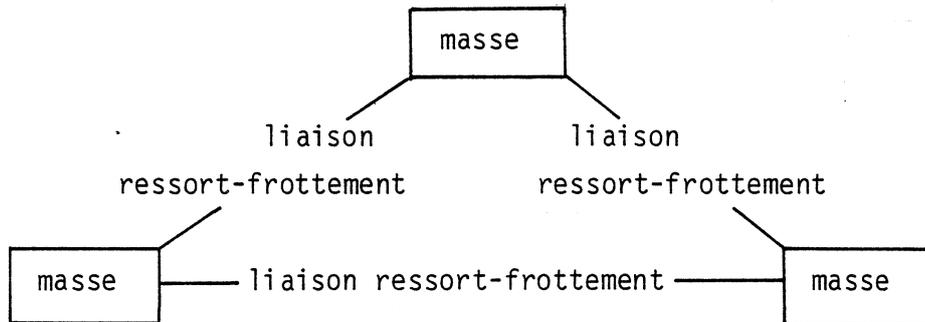


Figure IV.17 - Balle triangulaire déformable

- * de 3 sols, qui définissent une enceinte indéformable,
- * d'une "raquette", qui est un élément matériel d'entrée/sortie et dont la position est commandée par la touche rétroactive.
- * Entre la balle, c'est à dire entre chaque masse de la balle, et les sols, ainsi qu'entre la balle et la raquette, se trouvent des liaisons conditionnelles de proximité :

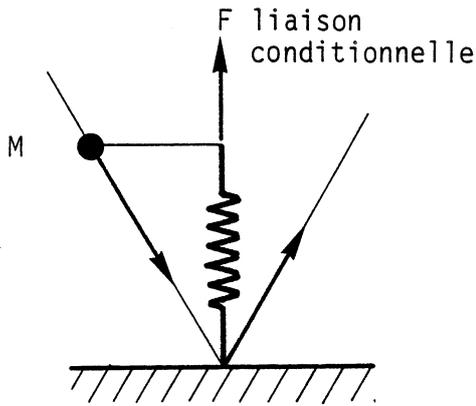


Figure IV.18

Lorsqu'une des masses de la balle percute un sol, ou la raquette, il s'installe entre ces deux éléments une liaison linéaire ressort-frottement unidimensionnelle (Figure IV.18), qui fait rebondir la balle. Au delà d'un certain seuil de distance entre les deux éléments, la liaison est rompue; la balle est en mouvement libre.

La somme des forces qui s'exercent sur la raquette sert à contrôler le moteur de la touche rétroactive. Ainsi, le joueur perçoit les chocs de la balle sur la raquette.

* Les sols ne sont pas représentés sur l'écran interactif. Ils sont simplement évoqués par les rebonds de la balle.

* Puis, dans une deuxième expérience, les sols ont été rendus sonores, en les associant à des cellules CORDIS. Ils sont ainsi également représentés acoustiquement. Lorsque la balle percute un sol, les cellules CORDIS, qui lui sont associées, sont également percutées : elles reçoivent un signal de force et produisent un déplacement vibratoire audible (Figure IV.19). Les figures IV.20 et IV.21 représentent la situation de jeu.

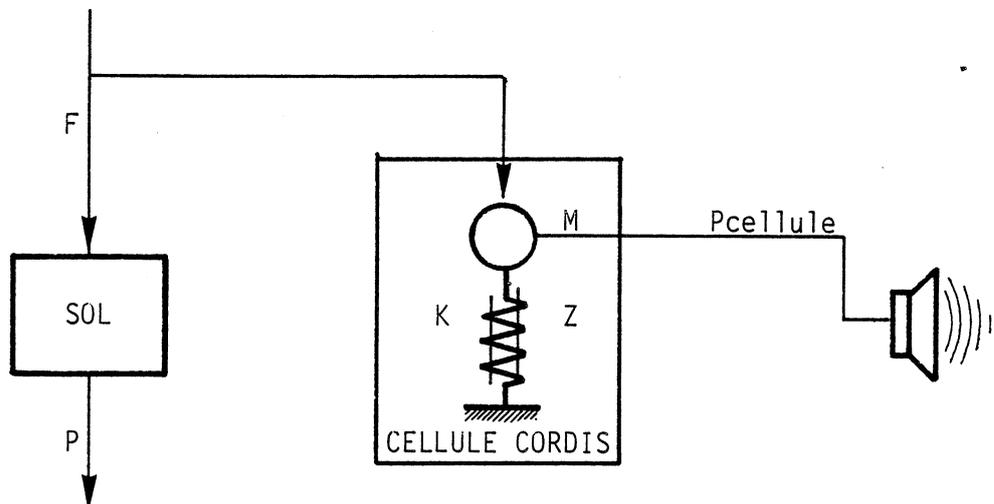
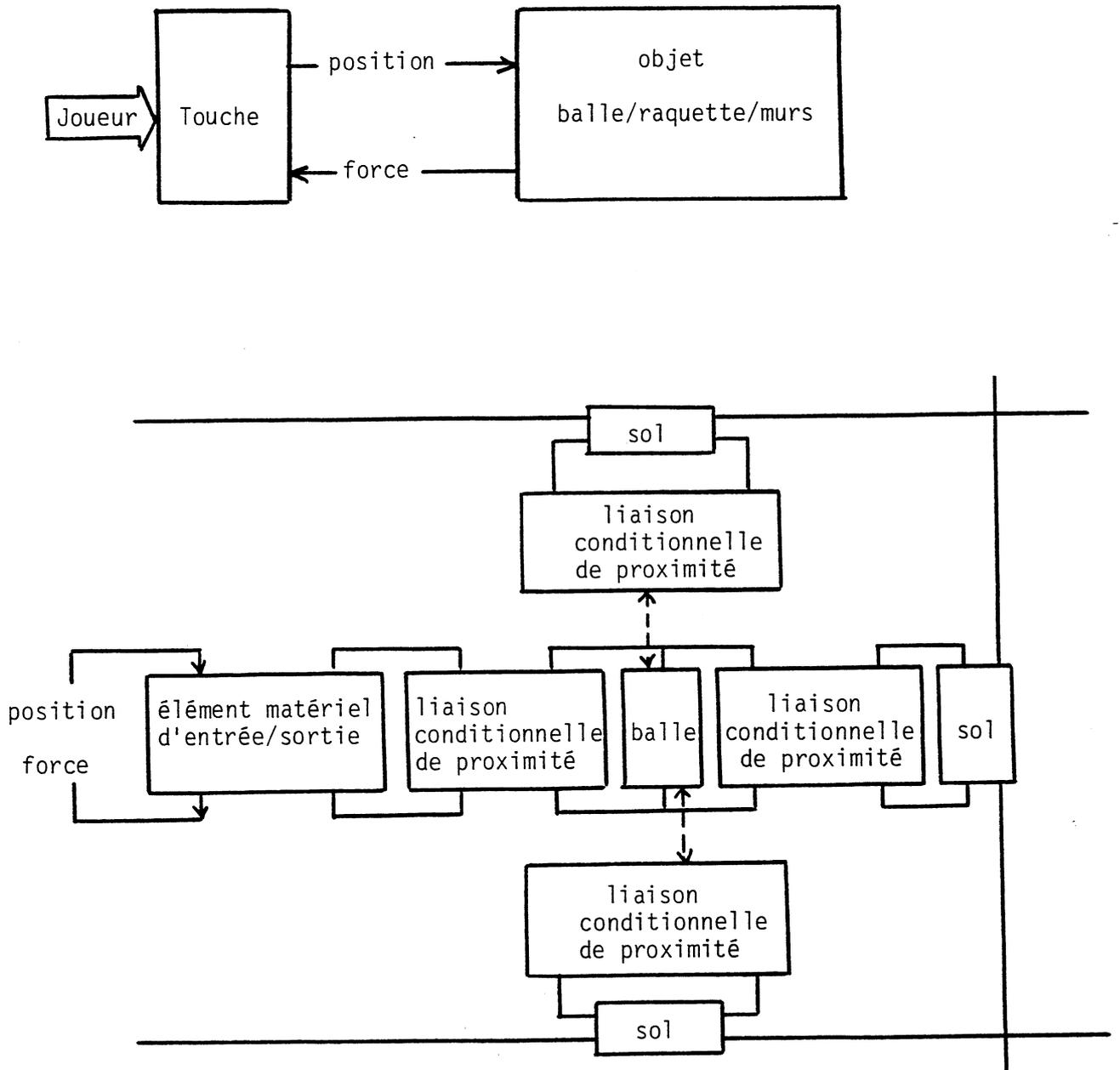
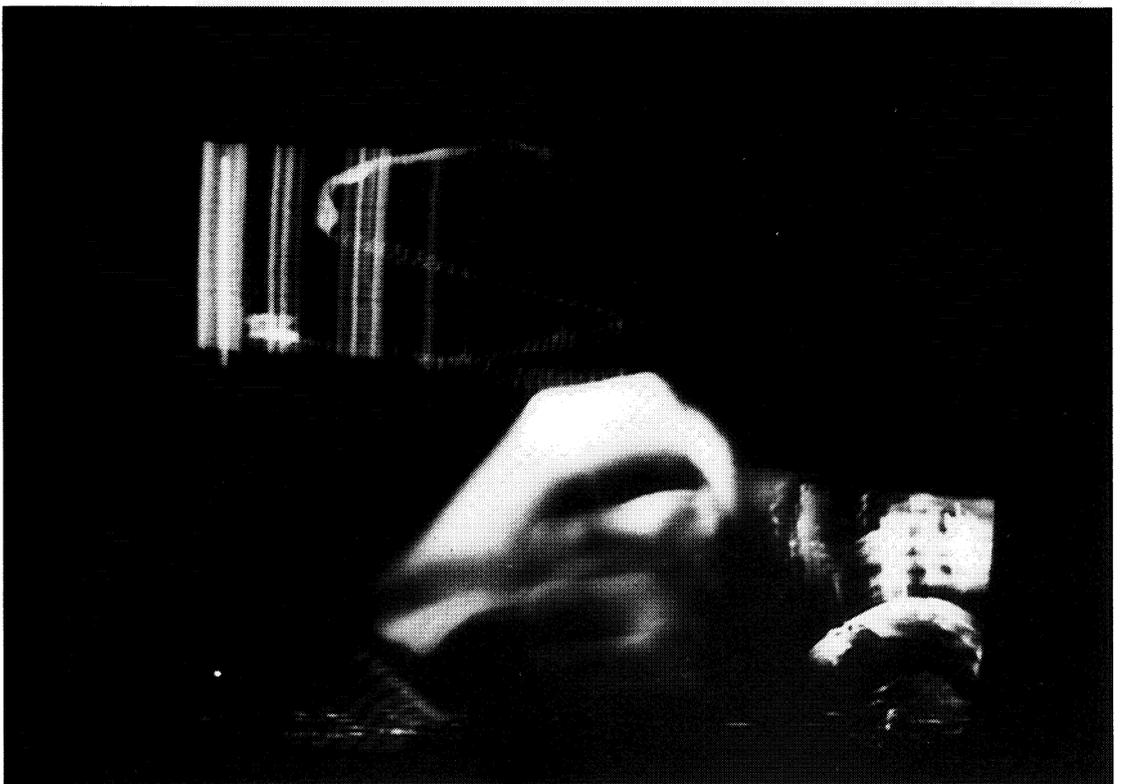
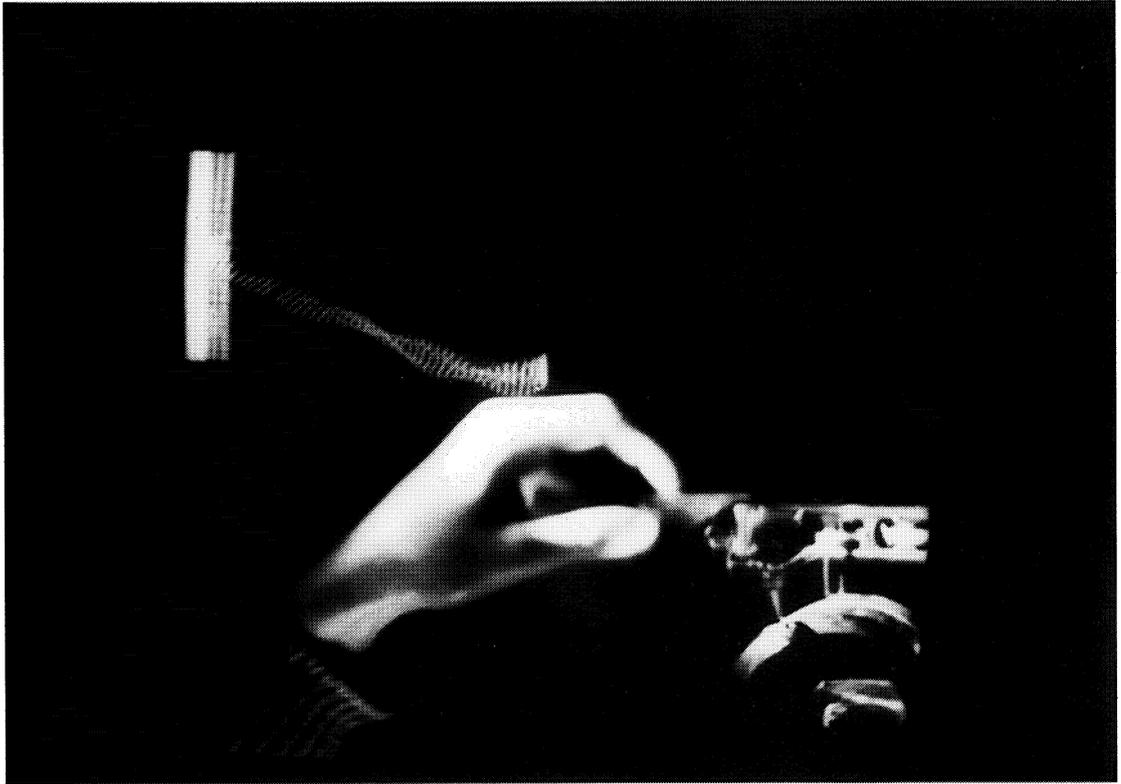


Figure IV.19 - Association d'une cellule CORDIS à un sol ANIMA

Figure IV.16 - Simulation d'une scène multi-sensorielle : le jeu de tennis rétroactif et sonore



Figures IV.20 et IV-21 - Jeu dans une scène multi-sensorielle : le tennis
rétroactif et sonore



Ce que nous retirons de cette expérience :

Nous avons un vif plaisir à "jouer" de ces objets simulés multi-sensoriels. Ils stimulent l'invention créatrice. Les idées de mouvement jaillissent.

Les mouvements obtenus peuvent être très complexes. Il serait laborieux d'obtenir les déformations et les déplacements de la balle que nous obtenons ici simplement par improvisation par des techniques plus classiques telles que les techniques par dessins clés, par fonction d'évolution, ou par combinaison de mouvements élémentaires.

Nous constatons à nouveau que le contrôle du mouvement peut être fin et varié. Nous pouvons contrôler finement des accélérés, des amortis, des impacts brefs ou suivis d'un accompagnement de la balle ...etc...

Enfin, nous voulons insister sur la spécificité et l'intérêt de ce jeu multi-sensoriel, sans précédent. Nous constatons que nous n'obtenons pas la même séquence selon que notre attention se porte sur l'enchaînement des gestes, sur la dynamique visuelle ou sur les articulations sonores. On pourrait dire que chaque canal cherche ses propres codes : ayant choisi intentionnellement une sortie correspondant à un canal de perception comme support de l'expression, les autres fonctionnent non consciemment, telles des voies de contrôle.

IV.2. CRITIQUES ET PERSPECTIVES

Les lignes qui vont suivre se présentent comme un catalogue de constatations et de questions. Il n'y faut chercher aucune réflexion aboutie. Elles seront le substrat de notre recherche à venir, qui vise à étendre les notions et les systèmes dont ce travail n'est en fait qu'une ébauche.

IV.2.1. SUR LES MODELES DE SIMULATION

A partir du choix des modèles physiques que nous avons explicité dans le chapitre II, nous nous sommes restreints à une catégorie particulière de modèles, les modèles mécaniques discrets.

Nous nous sommes essentiellement heurtés aux problèmes suivants :

- * limitation dans la rigidité des éléments,
- * limitations dues à la discrétisation de la matière, qui conduit par exemple à définir des liaisons conditionnelles non physiques,
- * limitations dans la complexité des objets par le fait que la simulation calcule des éléments atomiques dont la multiplicité croît très vite, même pour des objets simples, si l'on recherche des maillages fins.

Nous pourrions améliorer les performances du système d'une part par le choix de modèles continus, d'autre part par l'intégration algorithmique.

IV.2.2. SUR LES MODELES POUR LA REPRESENTATION VISUELLE

Par leur complexité et leur gourmandise en temps de calcul et en encombrement mémoire, les modèles mécaniques ne nous permettent pas de mailler assez finement un objet, pour disposer d'un modèle totalement mécanique assez proche de l'objet réel.

Nous avons été amené à définir un squelette mécanique, supposé suffisant pour générer l'ossature des mouvements attendus. On a remarqué à ce propos, que l'animation conventionnelle ne procédait pas autrement, montrant de ce fait que l'aspect nécessairement réducteur du modèle ne tient pas qu'à la puissance des machines.

D'autre part, et dans tous les cas, une interprétation des données produites par la simulation mécanique est nécessaire pour représenter visuellement l'objet.

La simulation produit à chaque instant les coordonnées d'une constellation de points. Il faut, à partir de ces points définir une forme visible de l'objet, par exemple sa surface externe. Dans le cas où le nombre de points donnés par le modèle mécanique est suffisant pour générer celle-ci, elle sera déduite par sélection et réorganisation des points mécaniques existants.

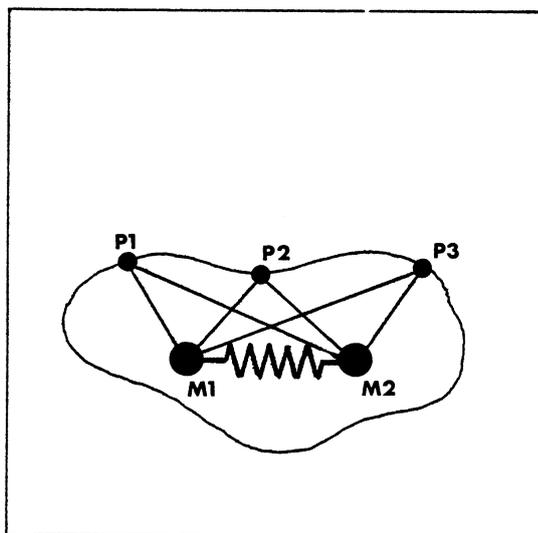


Figure IV.22

Dans le cas le plus fréquent, celui où l'on modélise un squelette, générer la forme visible implique de créer des points supplémentaires. Il nous faut habiller le squelette pour produire l'objet à voir.

Comme tout élément qui a une influence importante sur le comportement dynamique de l'objet doit être intégré au squelette mécanique, par définition, l'habillage est constitué d'éléments qui n'influencent pas le mouvement de l'objet (Figure IV.22).

Alors, cet habillage peut être généré par d'autres types de modèles que les modèles mécaniques, modèles que nous qualifierons de "passifs".

Mais se pose alors la question de combiner dans un même langage de description d'objets, des éléments de nature différentes.

Dans les lignes qui suivent, nous présentons quelques-unes de nos réflexions sur la relation entre modèle mécanique et modèle géométrique.

Relation entre modèle mécanique et modèle géométrique :

Un élément mécanique code une information temporelle.

Ainsi, un ressort contient dans sa structure l'information sur ses modes de vibration.

Les objets mécaniques sont en interaction réciproque, selon le principe d'action/réaction de Newton : une balle liée mécaniquement à un sol par la pesanteur peut rebondir par réaction du sol au moment du choc. Les distances relatives entre ces 2 corps sont variables.

Les modèles mécaniques permettent de modéliser aisément, des scènes et des objets déformables ainsi que des relations dynamiques entre objets.

En fait, lorsque l'interaction entre les objets est faible, elle peut être négligée. Dans ce cas, une description purement géométrique peut donner une bonne approximation de l'objet.

Les éléments géométriques sont passifs - ils ne codent aucune information temporelle - et n'interagissent pas, ni entre eux, ni avec leur environnement. Ainsi, pour faire tourner un objet géométrique, on doit appliquer la rotation à tous les points de l'objet.

Les modèles géométriques sont donc bien adaptés pour décrire des habillages ou toute partie de l'objet qui n'aura pas d'influence sur son environnement.

On peut obtenir cette situation de faible interaction, avec des objets dont la masse tend vers zéro. On peut alors considérer les objets géométriques comme des cas limites d'objets mécaniques, en particulier comme des objets mécaniques de masse nulle. Ils pourront de ce fait, comme des objets mécaniques, être déformables ou indéformables.

Nous avons alors une méthode pour intégrer dans un même langage des éléments mécaniques et les éléments géométriques ainsi définis.

Un objet sera constitué :

- * d'un ensemble d'éléments mécaniques, qui interagiront entre eux, et qui seront les éléments de contrôle et de définition du mouvement,
- * d'un ensemble d'éléments géométriques, influençables par les premiers mais non-influençants.

La figure IV.23 donne un exemple d'objet hybride mécanique/géométrique : Les points (M1, M2, M3) sont des points matériels mécaniques; ce sont les points qui déterminent le mouvement; les points (P1, P2, P3, P4) sont des points géométriques; P1 se déduit de (M1, M2) par une relation géométrique RG1, par exemple relation de conservation des distances; P3 se déduit de même à partir des points géométriques (P1, P2);

- P1 = RG1 (M1, M2)
- P2 = RG2 (M2, M3)
- P3 = RG3 (P1, P2)
- P4 = RG4 (P2, P4)

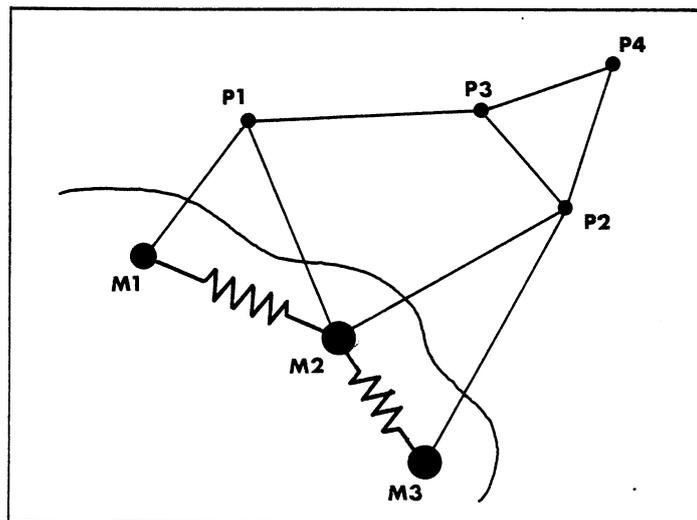


Figure IV.23 - Objet hybride mécanique/géométrique

Sur l'exemple décrit par la figure IV.23, on remarque que, si la règle géométrique est l'invariance des distances, alors P1 est une articulation parfaite et (P2, P3, P4) est un solide indéformable.

On a ainsi accès, avec des modèles adaptés à chaque cas, à la modélisation de tous les types d'objets nécessaires pour l'animation :

- * objets monolithiques déformables,
- * objets monolithiques rigides,
- * objets articulés déformables ou rigides,
- * objets composites.

La logique de construction est la même, qu'il s'agisse de combiner des éléments mécaniques, des éléments géométriques, ou un assemblage d'éléments mécaniques et géométriques.

La figure IV.24 donne un exemple de construction d'un objet hybride. La différence entre les "boîtes mécaniques" et les "boîtes géométriques" réside dans le fait que dans les secondes, les boucles de retour d'information restent ouvertes. Pour une partie, l'objet se décrit par des circuits bouclés, pour une autre, par un arbre orienté, ces deux parties étant compatibles.

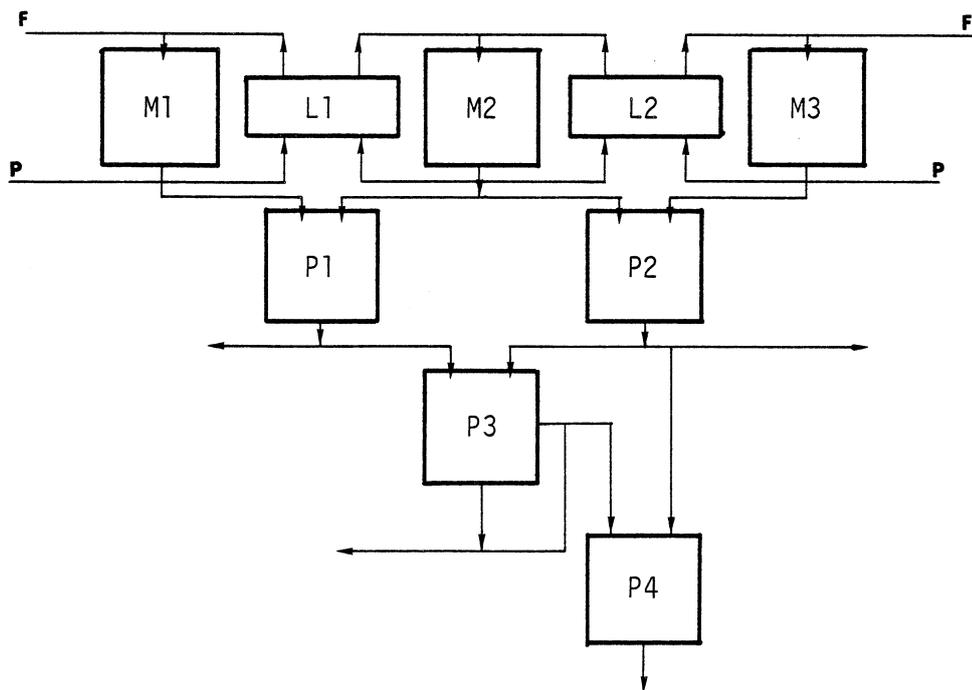


Figure IV.24 - Construction d'un objet hybride

Les règles géométriques que nous pouvons appliquer peuvent être assez variées, et ne pas être uniquement la règle d'invariance des distances. En fait, on peut également obtenir des sous-parties de l'objet, décrites géométriquement qui sont "souples", c'est à dire où les distances peuvent varier.

Ainsi, dans l'exemple représenté à la figure IV.23, pour que le point P1 n'influence pas les déplacements de M1 et M2, il faut définir une règle géométrique plus évoluée que la simple constance des distances, par exemple, une règle où, lorsqu'il n'y a plus de solution pour le point P1, les distances (P1, M1) et (P1, M2) peuvent varier de manière analogue à des éléments déformables mécaniques. On définit alors une géométrie déformable, intermédiaire entre la mécanique et la géométrie classique.

Tous ces règles géométriques sont à constituer. Nous avons présenté quelques bases pour les définir.

IV.2.3. SUR L'ASPECT COMPOSITIONNEL - QUELQUES REFLEXIONS

Dans notre introduction, nous avons exprimé l'idée que l'activité compositionnelle intervenait à tous les niveaux du processus de création.

Plus précisément, elle intervient (figure IV.25) :

- * dès la spécification d'une situation instrumentale particulière,
- * dans la production de séquences composées d'actions et de résultats perceptibles à l'aide d'opérations sur les actions effectuées et les résultats obtenus lors d'un jeu instrumental,
- * dans la spécification d'une situation complexe, où se combinent actions composées, actions effectuées et configurations instrumentales multiples, en fonction de règles de composition structurelles et éventuellement temporelles.

Nous donnons ci-après des éléments de réflexion sur chacun de ces cas.

IV.2.3.1. Spécification de la situation instrumentale

Elle s'effectue par le moyen d'un langage de description et de composition de situations instrumentales, qui comprend donc :

- * la définition d'une structuration des systèmes d'accès gestuels,
- * la description et la composition des objets,
- * la définition des éléments d'observation, qui produisent donc les signaux perceptibles.

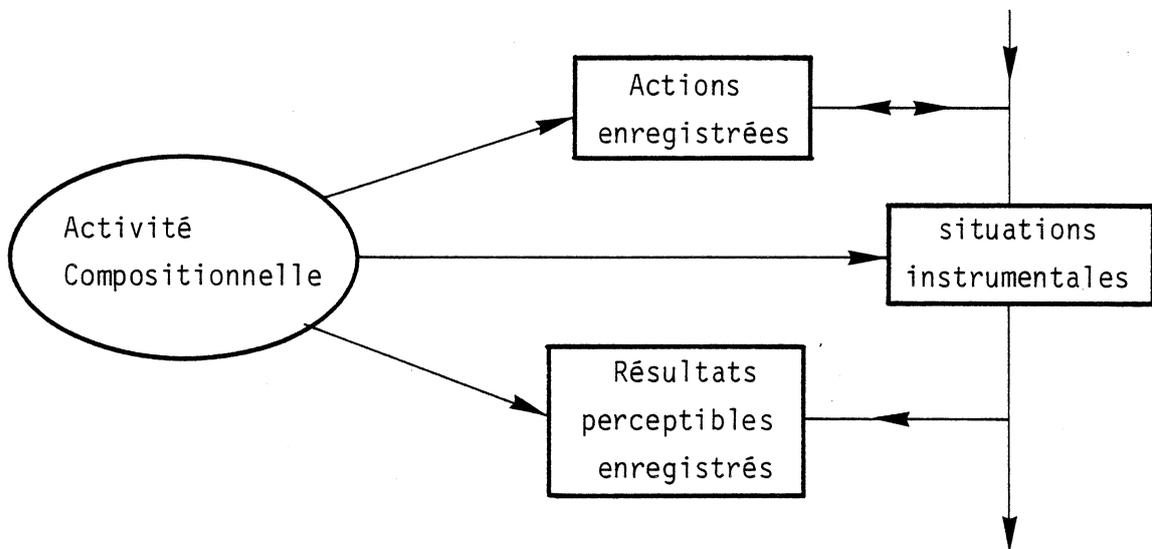


Figure IV.25 - L'activité compositionnelle

En ce sens, bien que nous ne l'ayons pas présenté comme tel, ANIMA est un langage de description de situation instrumentale et aborde un aspect important de l'activité compositionnelle.

Plusieurs critiques de ANIMA considéré sous cet angle sont alors à faire, avec, en conséquence, des indications de développements futurs.

IV.2.3.1.1. Spécification de la structure des accès gestuels

Dans ANIMA, nous avons vu que les accès gestuels peuvent être structurés selon 3 niveaux "essai/canaux/voies".

Un essai est un jeu complet, regroupant 1 ou plusieurs canaux, eux-mêmes constitués de 1 ou plusieurs voies. La distinction entre canaux se base sur l'indépendance, au niveau physique et microscopique, des gestes transitant par chacun des canaux. Mais ils peuvent être réunis dans une entité unique, l'essai, par le fait qu'ils sont simultanés et s'appliquent sur une même scène. L'animateur peut alors les corrélés volontairement selon une structure plus macroscopique. Par contre, les gestes transistant par chaque voie d'un canal sont supposés être corrélés très fortement, et ceci au niveau microscopique.

Exemple : si l'on admet une relative indépendance des 2 mains, on peut affecter une main à un canal. Les diverses dimensions des gestes effectués par une seule main étant par contre très corrélées transiteront par les voies de ce canal.

Cette structuration nous semble intéressante, en ce sens qu'elle tient compte de la nature des gestes et demande à l'utilisateur de concevoir la structure des accès gestuels en fonction des idées de jeu qu'il projette et donc de formaliser clairement celles-ci.

Par contre, elle est relativement limitée quant à sa généralité et manque de souplesse. Il est probable qu'il sera difficile de conserver cette structure figée en 3 niveaux, lorsque nous traiterons des gestes composés. Il est souhaitable de permettre à l'utilisateur de décrire lui-même cette structure, en particulier de définir lui-même le nombre de niveaux et leur nature.

IV.2.3.1.2. Description et composition d'objets

En ce qui concerne la description des objets, nous avons vu que dans ANIMA il s'agit :

* d'une description "atomique" : un objet se définit toujours à partir d'atomes mécaniques. Ce sont ces mêmes atomes qui sont les éléments de base du langage.

Il nous semble important de disposer de ce type de description car il laisse à l'animateur un très grand degré d'intervention dans le choix de la structure des objets. Il nous semble cependant nécessaire de l'intégrer dans un système de description plus général, qui autoriserait des descriptions plus macroscopiques, à partir par exemple de caractéristiques globales de formes, de matières ou de comportements.

* d'objets élémentaires : nous ne pouvons créer un objet à partir d'objets déjà créés.

Nous avons introduit une seule règle de composition d'objets dans ANIMA : l'opération "UNION".

Elle consiste à créer un nouvel objet à partir de la réunion des éléments de chacun des objets sources. Sa principale limitation tient au fait que dans cette opération, on perd la trace des objets constituants.

Exemple (Figure IV.26) :

OBJET 1 = (masse 1, masse 2, liaison 1 (masse 1, masse 2))

OBJET 2 = (masse 3, masse 4, liaison 2 (masse 3, masse 4))

OBJET 3 = UNION (OBJET 1, OBJET 2)

= (masse 1, masse 2, masse 3, masse 4, liaison 1, liaison 2)

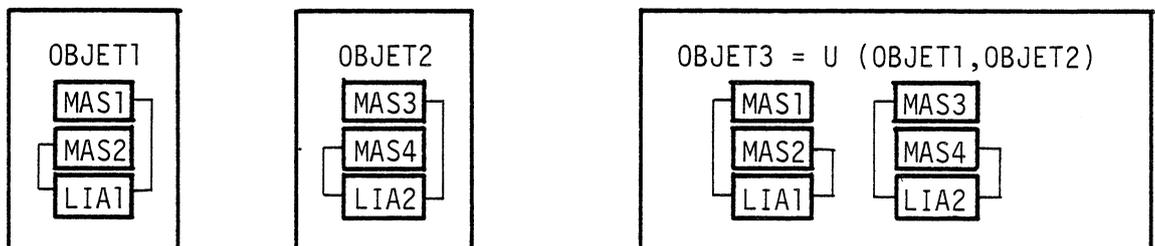


Figure IV.26 - Opération UNION

D'autres opérations sont à introduire.

Pour cela, nous présentons ci-après les bases d'une logique s'appuyant sur les axiomes suivants :

- * un objet est un processus avec des entrées et des sorties. Définir un objet, c'est définir les entrées, les sorties et le processus interne qui assure la relation entre les deux.
- * un objet composé est un objet.
- * une entrée provient au plus d'une sortie. Une sortie peut se connecter à plusieurs entrées.

Selon le formalisme, il n'y a plus de distinction à faire entre éléments et objets. Un objet élémentaire se construit à partir des éléments de la même manière qu'un objet composé à partir d'objets élémentaires.

Dans ce formalisme, l'opération UNION se décrit de la manière suivante (Figure IV.27) :

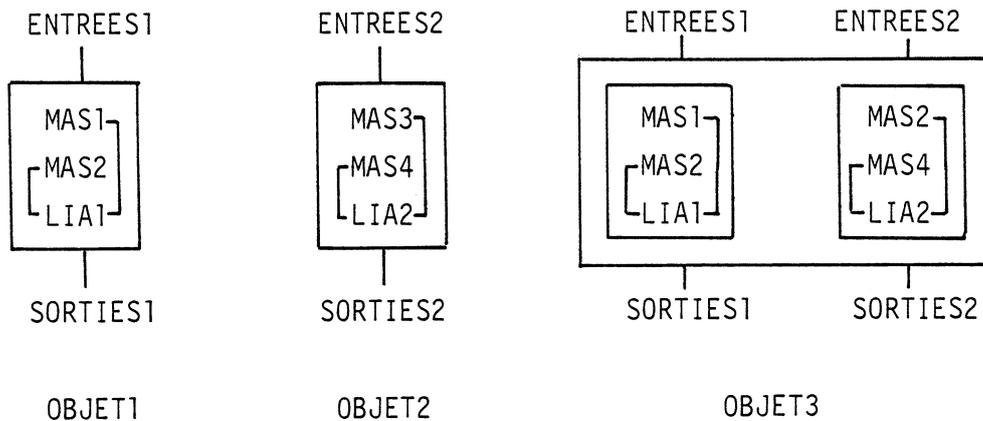


Figure IV.27 - UNION d'objets en termes de "processus/entrées/sorties"

Remarque : Dans le cas des modèles du type de ceux que nous avons choisi dans ANIMA, les entrées et les sorties peuvent être de 2 types. Il s'agit de variables duales, par exemple force et déplacement. Dans ce cas, les opérations de connexion doivent tenir compte de la nature de variables

transitant par les portes d'entrée/sorties. Ces contraintes viennent se rajouter à la logique d'assemblage et sont spécifiques à un type de modèles.

Nous devons mener une réflexion, tant au niveau des modèles que du langage, pour situer la nécessité d'une telle particularité et tenter, si possible, de nous en affranchir.

De ce formalisme se déduisent d'autres types d'opérations que l'UNION telles que les opérations INTEGRATION et MASQUAGE.

L'opération INTEGRATION (Figure IV.28) consiste, une fois des connexions créées entre objets primitivement indépendants, à intégrer l'ensemble pour constituer un nouvel objet :

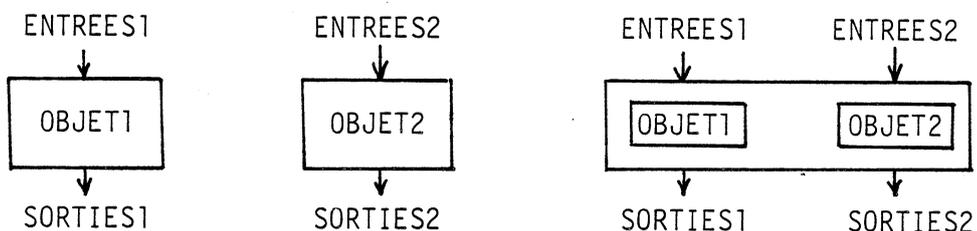


Figure IV.28 - Opération INTEGRATION

L'opération MASQUAGE (Figure IV.29) consiste à supprimer des entrées et des sorties dans la liste des points d'accès à l'objet :

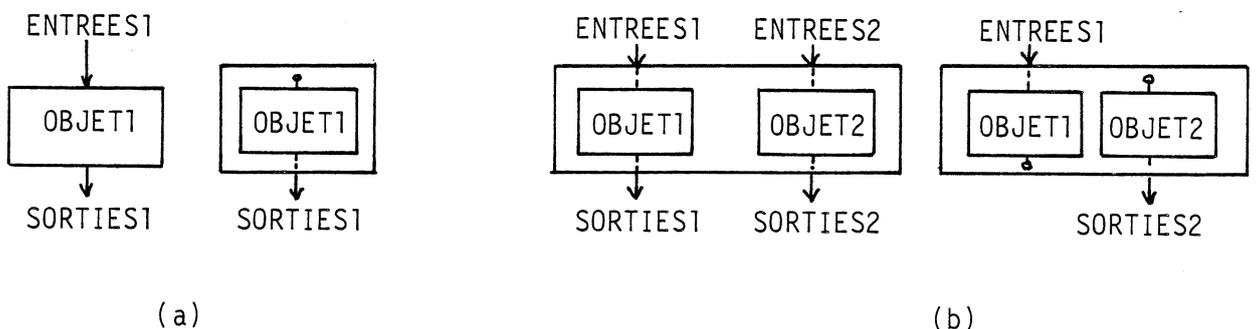


Figure IV.29 - Opération MASQUAGE

Ainsi, dans ANIMA, le passage du jeu en direct au "jeu" à partir de gestes mémorisés peut se décrire par des opérations de masquage et d'intégration (Figure IV.30).

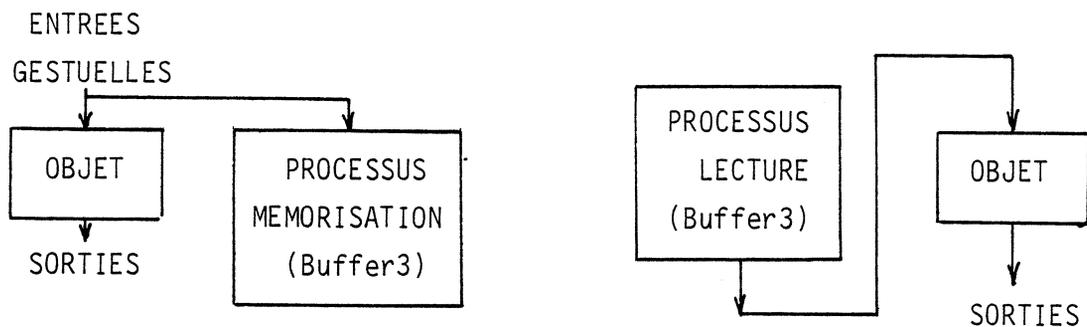


Figure IV.30 - Description du processus "simulation à partir de gestes mémorisés" à l'aide des opérations de masquage et d'intégration

Nous avons ici, nous semble-t-il, les bases d'un formalisme nous permettant de décrire et de composer des objets sans limitation et de manière cohérente.

IV.2.3.1.3. Spécification des points d'observation

Dans ANIMA, la donnée des points d'observation est un processus de nature différente de celui de la donnée des entrées. En fait, ils présentent beaucoup de similitudes et on doit pouvoir développer des notions communes autour d'une notion, plus générale, de POINT D'ACCES.

Ainsi par exemple, il s'avère qu'un geste peut être un ensemble de positions corrélées - il constitue alors un canal - et que 2 gestes peuvent s'effectuer en même temps et être reliés dans un essai. De même, un objet visualisé peut être constitué d'un ensemble de positions qui se trouvent donc corrélées dans cet objet par les primitives "point" et "vecteur", et une séquence de jeu peut contenir plusieurs objets visuellement distincts bien qu'évoluant simultanément.

On peut donc formuler de manière plus générale le problème de la description de la structure des points d'accès.

Il s'agit d'une part de connecter des points de l'objet (ou des sous-parties de l'objet) à des points extérieurs, d'autre part d'organiser ces points extérieurs, en tenant compte prioritairement d'une logique externe à l'objet, logique des gestes ou des images.

IV.2.3.1.4. Recherche d'un langage unifié de spécification de situations instrumentales

La description de la structure des points d'accès, gestuels, visuels ou sonores, peut-elle être supportée, de même que la description des objets, par un formalisme du type "processus/entrée/sortie" tel que celui que nous avons évoqué ci-dessus?

Si oui, nous disposerions d'un langage homogène de spécification de la situation instrumentale qui se définit en continuité avec notre maquette actuelle. Il serait composé de 3 catégories de processus :

- * les "processus structure d'image",
- * les "processus structure de geste",
- * les "processus structure d'objet",

qui se connecteraient et se composeraient selon les mêmes règles.

IV.2.3.2. Opérations sur les actions

A partir de l'enregistrement brut des signaux en provenance des transducteurs, les opérations sur les actions peuvent aller du simple codage visant à optimiser le stockage des échantillons numériques, comme dans ANIMA, jusqu'aux traitements visant à produire une interprétation intelligente des gestes effectués "en ligne" par l'animateur, par reconnaissance et extraction de formes, et d'agencements de formes, significatifs; Et au delà encore, à partir de ces interprétations intelligentes, pourrait être développée une écriture symbolique des gestes.

Nous pouvons pour cela nous inspirer des techniques de reconnaissance de formes dans divers domaines d'applications, comme le traitement d'images par exemple, mais des spécificités essentielles apparaissent : les informations gestuelles sont temporelles et multidimensionnelles.

C'est à partir de gestes traités qu'il est envisageable de concevoir des opérations compositionnelles.

Les contraintes dont il faudra tenir compte dans la définition de ces opérations et que nous pouvons aujourd'hui énoncer sont les suivantes :

* Un geste composé est un geste. Il doit pouvoir s'appliquer sur un objet.

* La structuration des points d'accès gestuels qui s'effectue lors de la description de la situation instrumentale, définit déjà un champ de contraintes pour l'interprétation intelligente des gestes, et donc pour leur composition. Celles-ci peuvent être de force diverse. Mais, une contrainte imposée par le niveau instrumental ne doit pas s'affaiblir lorsqu'elle passe au niveau compositionnel, sous peine de composer des données sans signification.

Par exemple, si 2 voies d'entrées de positions sont instrumentalement indissociables (voie X et voie Y d'un stick par exemple), elles ne pourront subir que des traitements qui ne détruisent pas leur synchronisme.

Remarque : Il n'a été question ici que des entrées gestuelles. Il me semble intéressant cependant, pour le traitement des gestes, de tenir compte des informations de retour d'effort. Il est donc utile de les mémoriser et de les coder également de manière évoluée, parallèlement aux informations d'entrée auxquelles elles correspondent.

IV.2.3.3. Opérations sur les résultats

Nous restreindrons notre propos à l'image en mouvement, laissant de côté la composition d'images statiques.

Là encore comme dans le cas de la situation instrumentale, nous pouvons relever une certaine analogie entre les actions et les résultats.

Ainsi une séquence d'image composée est une séquence d'image. Elle doit être visualisable.

De même la structure définie dans la situation instrumentale, qui consiste par exemple à relier des points pour percevoir visuellement un objet, se présente comme un ensemble de contraintes pour l'interprétation de formes dynamiques significatives dans la séquence d'images obtenue.

Mais alors que dans le cas des entrées gestuelles, il nous semble important de ne pas affaiblir les contraintes dans l'opération compositionnelle nous pouvons tolérer plus de souplesse en ce qui concerne les sorties visuelles.

Prenons ANIMA comme exemple :

Disposant du mouvement de chaque point de l'objet mécanique, nous pouvons concevoir des objets variés, en sélectionnant certains de ces points et en les connectant graphiquement. Il y a déjà de fait une certaine distance entre l'objet en mouvement et l'objet visuel en mouvement (Figure IV.31).

Dans le cas de la sortie image, la recherche d'associations nouvelles entre l'objet en mouvement et des représentations visuelles de cet objet est à intégrer dans l'activité compositionnelle.

De ce fait, il apparaît, que la structuration des sorties visuelles lors de la définition de la situation instrumentale définit "un" objet visuel, parmi d'autres, également possibles.

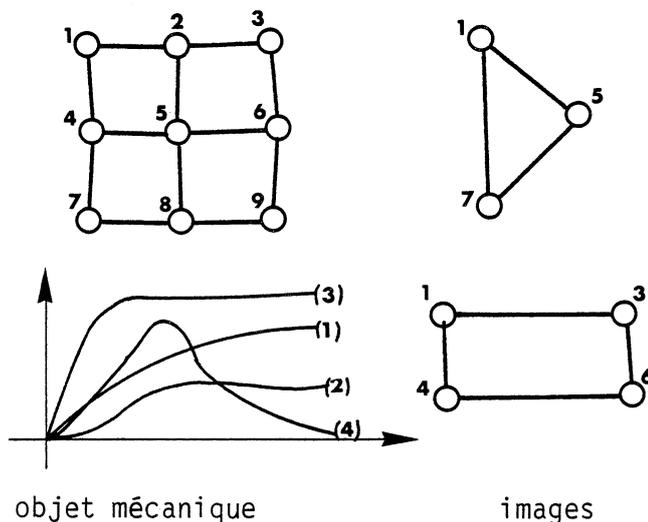


Figure IV.31

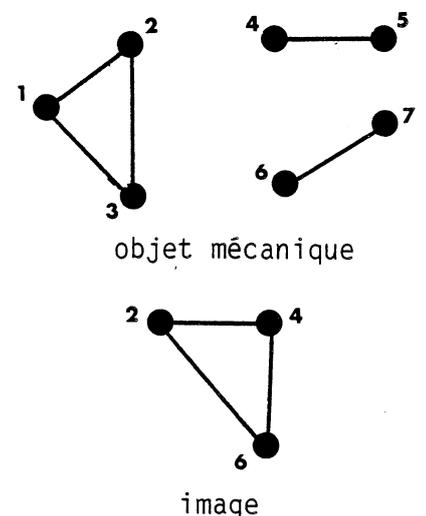


Figure IV.32

Une contrainte est cependant à respecter, celle de ne pas remettre en cause la notion d'objet, en produisant des objets visuels par association visuelle d'entités physiquement indépendantes (Figure IV.32).

IV.2.3.4. Spécification d'une situation complexe

A partir des processus instrumentaux et éventuellement d'autres processus à définir, un objectif compositionnel essentiel est de vouloir produire des situations complexes, où s'imbriquent configurations instrumentales, actions mémorisées et composées et éventuellement gestes en direct.

Cette situation, potentiellement permise par l'ordinateur, n'a pas son équivalent dans les technologies antérieures, surtout en ce qui concerne l'image.

Elle peut avoir des ressemblances avec la composition musicale, où sont mises en oeuvre des structures orchestrales d'instruments, des partitions descriptives de la structure musicale et des modalités de sa réalisation sonore par les instrumentistes, ainsi qu'une direction. Cependant, ni des actions mémorisées, ni des configurations instrumentales très variables ne peuvent intervenir.

L'image n'a en fait jamais été "jouée". Une telle situation n'a donc pas d'exemple.

La question de pouvoir structurer des situations instrumentales trouve déjà un début de réponse dans le formalisme que nous avons esquissé pour la spécification de la situation instrumentale elle-même.

Ainsi, par les opérations d'UNION, d'INTEGRATION et de MASQUAGE, nous pouvons réaliser une situation instrumentale complexe, à partir de situations instrumentales déjà décrites et pour une part réalisées, avec intervention de gestes mémorisés, qui apparaîtront comme internes au processus, et de gestes à effectuer qui seront des entrées du processus.

La question que nous poserons surtout ici est celle de savoir si nous pouvons, sans endommager la cohérence de la démarche, introduire des processus d'une autre nature que des situations instrumentales.

En effet d'autres processus interviennent dans une activité compositionnelle, tels que des processus formels d'aiguillages, de superpositions, d'enchaînements, de causalité,...etc...

A titre d'exemples, on peut vouloir écrire des phrases comme celles-ci :

* "superposer la partie Pa de la séquence d'images A à la partie Pb de la séquence d'images B"

* "si le précédent de B est C, alors le successeur de D sera E", pour définir des enchaînements de gestes, d'images ou même de situations instrumentales,

* "si l'objet O1 se trouve dans tel état, alors passer dans la configuration Cx",

qui ne relèvent pas de la situation instrumentale.

Ainsi, pouvons-nous intégrer des processus du type P1 et P2 sans contredire la logique d'assemblage instrumental (Figure IV.33) ?

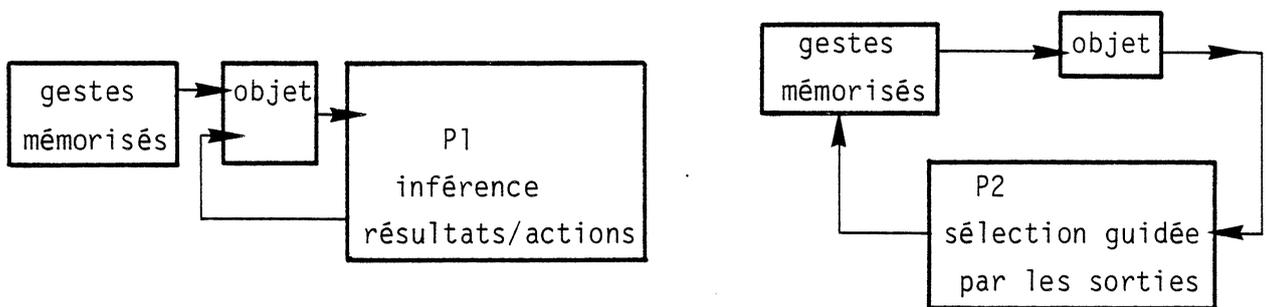


Figure IV.33 - Processus non-instrumentaux

La recherche de tels processus et l'évaluation de leur acceptabilité eu égard aux contraintes imposées par la situation instrumentale est le travail essentiel qu'il faut produire pour avancer dans la définition de l'activité compositionnelle.

Nous ne l'avons pas abordé dans ANIMA, si ce n'est, de manière implicite, lorsque nous avons traité de la modification qualitative de structure pour l'objet.

IV.3. CONCLUSIONS

IV.3.1. L'ONOMATOPEE ET LE LANGAGE

Onomatopée : mot dont le son est imitatif de la chose qu'il signifie.

Langage prosodique : langage basé sur des formes qui dérivent essentiellement des propriétés articulatoires de la prononciation telles que accentuations, rythmes, intonation.

Le système que nous avons réalisé et les séquences d'images animées que nous avons produites ne se situent pas au delà de l'onomatopée et du langage prosodique.

Il y a la même distance, grande, entre ceux-ci et le langage qui nous sert réellement à communiquer et entre ce dont nous sommes capables aujourd'hui et une pensée esthétique élaborée.

Evolution ou mutation?

Le langage naît-il à partir de ces seules prémisses, par enrichissement et abstraction progressifs?

Ou l'abstraction est-elle une fonction autre, et le langage, pour se développer, attend-il son apparition?

Nous ne postulons rien sur ce passage.

Nous ne choisirons pas l'une de ces deux hypothèses.

Nous préférons les prendre toutes les deux pour vraies et les considérer comme deux constituants d'une réalité complexe.

Nous préférons concevoir le processus de création comme une réalité double, dont on ne peut - dont on ne doit - subordonner l'un des termes à l'autre, et dont la clé est dans l'étude, en premier lieu, de leur interdépendance.

Il nous faudra donc les allier et, dans un premier temps, les allier au cas par cas, en étant surtout attentifs que l'un de ces termes ne soit pas destructrif de l'autre, en veillant surtout à ne pas nous détacher de cette dualité.

...Ainsi, concevons-nous l'intervention de processus non-instrumentaux dans l'activité compositionnelle.

Ainsi s'effectueront les choix sur la variabilité des contraintes imposées respectivement par la situation instrumentale et la situation compositionnelle...

Car nous ne chercherons pas non plus à les relier une fois pour toutes dans un rapport figé. Entre la main et la langue, il y a place pour des méthodes et aujourd'hui des outils qui permettent de penser leur articulation.

IV.3.2. CAUSALITE OBJECTIVE ET CAUSALITE PERCEPTIVE

La thèse qui a été présentée ici a pour postulat de base la prégnance pour l'homme d'une causalité objective, l'univers environnant et les objets qui le constitue. Une de ses activités essentielles consiste à en donner des représentations, mentales ou objectives, pour connaître et créer. La fonction centrale que nous avons attribuée à l'outil de création est la représentation de cet univers.

Ainsi, avons nous exclu, par exemple, des représentations visuelles qui remettraient en cause la notion d'objet.

Pourtant, l'oeil peut associer 2 points indépendants en mouvement, percevant ainsi un objet que l'on pourrait, de ce fait, qualifier d'abstrait; pourtant, l'homme peut produire des images, abstraites, dans lesquelles on ne peut décrypter aisément une causalité objective dérivée de l'environnement matériel et physique.

Ces objets, ces images ne sont pour autant pas mis au panier ni par l'homme, ni par le créateur.

Car en fait, il existe une autre forme de causalité, souvent appelée causalité perceptive (PIAGET 61). Dans ce cas, l'homme cherche à identifier, dans l'ensemble des sensations qui lui parviennent, celles qui se réfèrent non pas aux structures du monde environnant, mais davantage à ses propres structures perceptives. Cette causalité n'est pas extérieure à l'homme; elle est intérieure. Dans le cas le plus simple, il s'agit de la structure biologique de nos canaux de perception, mais plus généralement, je crois, de la structure complète, biologique ou mentale, de l'organisme, qui pour une part, en tant que système, est régi par ses propres lois.

Initialiser le processus de création par la recherche de structures ou d'indices perceptuels pertinents pour l'homme, indépendamment de toute notion de causalité objective, rechercher des langages de composition de ces structures comme bases de créations esthétiques, telles sont des démarches qui se justifient totalement. Elles ont reçu leurs lettres de noblesse dans les domaines de la création musicale avec les travaux sur la psycho-acoustique liée à la création (RISSET 78, WESSEL 79,) ainsi que dans les arts plastiques.

Dans le domaine de l'image animée et de l'image animée par ordinateur, ces démarches ne nous apparaissent pas explicitement, produisant des outils mixtes où le créateur a, de ce fait me semble-t-il, encore du mal à situer sa pensée esthétique.

Mais la distinction entre ces deux manières de percevoir le monde, et donc de créer, n'est en définitive qu'une question de méthode.

Comme telles, elles ne doivent pas s'opposer irréductiblement.

Mais comme telles, la recherche éventuelle de voies de passage de l'une à l'autre doit se faire avec de très grandes précautions, sous peine de rompre des classifications aujourd'hui structurantes.

C'est pourquoi, en ce qui nous concerne, bien que conscients des limitations théoriques de nos points de vue sur la création et l'outil de création, nous avons tenu et nous tiendrons à en préserver la cohérence,

jusque dans la réalisation complète dans un outil de représentation et de composition de situations instrumentales et, nous l'espérons, dans les productions artistiques qui en découleront.

IV.3.3. DU GESTE ET DE LA MEMOIRE

Nous avons souvent parlé du geste.

Triviales matérialités, dit-on, dont on peut enfin se passer avec l'informatique. Car le geste est manuel; il ne peut gérer des complexités; il n'apporte que peu de sens; il était simplement un passage obligé; au mieux lui concède-t-on un rôle dans l'expressivité; mais l'expressivité n'est qu'un aspect très limité de l'objectif artistique, qui vise, nous l'avons dit, la connaissance et la création de significations nouvelles.

Aussi, le processus de création est-il considéré comme hiérarchique : le geste, l'objet, la situation instrumentale, étant les ingrédients de bas niveau d'une activité conceptuelle supérieure.

Sommes-nous arrivés, par nos analyses et nos exemples, à introduire concrètement l'idée que, dans la situation que nous avons appelée instrumentale, se noue bien plus que cela?

Qu'elle est en fait une condensation dans l'instant de résultats pré-assimilés d'activités compositionnelles et instrumentales antérieures, qui cherchent, dans une nouvelle réalisation, non seulement leur expression et leur preuve, mais aussi leur dépassement; et que de ce fait, la situation instrumentale n'est pas seulement le substrat de l'activité compositionnelle, mais qu'elle en est l'outil?

La situation instrumentale est génératrice de structures et de codes nouveaux.

Mais cela ne pouvait peut-être pas apparaître de manière évidente jusqu'à ce jour, car nos outils d'enregistrement étaient frustes, et nos outils de traitement également, par voie de conséquence.

Je prendrai comme exemple le discours oral qui, lorsque l'on a pu l'analyser par l'enregistrement, s'est révélé riche en structures textuelles et a apporté beaucoup de nouveauté dans la littérature; ou l'exemple de la musique concrète, dont le postulat essentiel a été d'imaginer que dans les sons concrets que nous pouvons enregistrer, nous trouvons tant de matière à sculpter, que les structures musicales ne sont pas tant à inventer formellement qu'à extraire de là où elles sont déjà.

Nous pouvons aujourd'hui sculpter, non pas seulement dans un, ou deux, objets temporels spécifiques, le son ou l'image, mais sculpter des situations évolutives.

Ayant restitué les conditions de la situation instrumentale avec l'ordinateur, nous avons le pouvoir d'enregistrer tous les constituants d'une situation autrefois presque entièrement fugitive. Et de ce fait, nous allons pouvoir aller y lire, si possible intelligemment; et alors nous penserons à écrire.

C'est pourquoi, il ne nous a pas semblé trivial de considérer que la situation compositionnelle commençait avec la description de la situation instrumentale et avec la capacité de mémorisation de ses constituants, en particulier des gestes.

C'est en ce point que nous sommes rendus avec le système ANIMA.

BIBLIOGRAPHIE

B.1. ART ET ANIMATION CINEMATOGRAPHIQUE

- R. ENGLER
Les ateliers de cinéma d'animation film et vidéo
Ed. Favre, Lausanne-Suisse, 1983.
- P. KLEE
Théorie de l'art moderne
Denoël-Gonthier
- A. MARTIN
Le cinéma d'animation
L'Encyclopédie Universelle - Vol 4,
Encyclopédia Universalis France Editeur, Paris-1980.
- J. MITRY
Le cinéma expérimental - Histoire et perspectives
Cinéma 2000 - Seghers, 1974.

B.2. PSYCHOLOGIE - PSYCHOPHYSIQUE

- A.S. BREGMAN
Auditory streaming : competition among alternative organisations
Perception and psychophysics - 1978 - vol 23(5)
- C. GEORGES
Apprendre par l'action
PUF - 1983
- G. JOHANSSON
Visual motion perception
Scientific American - 1975 - 232(6)
- J. PAULUS
La fonction symbolique et le langage
Dessart-Bruxelles - 1969
- J. PIAGET
Les mécanismes perceptifs
PUF - 1961
- J. PIAGET
La formation du symbole chez l'enfant
Delachaux et Niestlé - 1945
- R.F. RACHID
Lights : a system for the interpretation of moving light displays
Doctor of Philosophy - Dpt Computer Science - University of Rochester
New-York - 1980

J.C. RISSET
Musical acoustics
Rapport IRCAM - 8/1978

D. WESSEL, J.C. RISSET
Les illusions auditives
Encyclopédia Universalis - Universalis - Paris - 1979

B.3. ANIMATION PAR ORDINATEUR

N. I. BADLER
Temporal scene analysis : conceptual descriptions of objects
movements
Ph. D. Dissertaion - University of TORONTO

N. I. BADLER
Human Body Models and Animation
IEEE Comput. Graphics and Appl., Nov. 1982.

N. I. BADLER, M.A. MORRIS
Modeling flexible articulated objects
Proc. SIGGRAPH 1982 - Computer Graphics - ACM

N. I. BADLER, J.O. ROURKE, B. KAUFMAN
Special problems in Human Simulation
Proc. SIGGRAPH 1980 - Computer Graphics - ACM

N.I. BADLER, S.W. SMOLIAR
Digital representation of a human movement
Computing Surveys - 11(1) - 1979

R.M. BAECKER
Picture-driven animation
Proc. Spring Joint Computer Conference 1969 - AFIPS Press (34)

R.M. BAECKER
Digital video display systems and dynamic graphics
Proc. SIGGRAPH 1979 - Computer Graphics - ACM

K.S. BOOTH, S. MacKAY
Techniques for frame buffer animation
Proc. Graphics Interface 1982

J. BORREL
The magic of computer animation
Computer Graphics World 1981 (10)

N. BURTIK, M. WEIN
Interactive Skeleton Techniques for Enhancing Motion Dynamics in
Key Frame Animation
Comm. of ACM, Vol 19, N°10, Oct. 1976.

N. BURTIK, M. WEIN
Computer Animation of Free-Form Images
Computer Graphics, Vol 9, 1975.

- N. BURTNIK, M. WEIN
Computer Generated Key Frame Animation
Journal of Society for Motion Picture and Television Engineers -
Vol 80, Mars 1971.
- T. W. CALVERT, J. CHAPTMAN, A. PATLA
Aspects of the Kinematic Simulation of Human Movement
IEEE Comput. Graphics and Appl., Nov. 1982
- T. W. CALVERT, J. CHAPTMAN, A. PATLA
The Integration of subjective and objective data in the animation
of human movement
Proc. SIGGRAPH 1980 - ACM Computer Graphics
- T. W. CALVERT, J. CHAPTMAN
Notation of movement with computer assistance
Proc; ACM Annual Conf. 1978 (2)
- T. W. CALVERT, J. CHAPTMAN, A. PATLA
The simulation of human movement
Proc. Graphics Interface 1982
- E. CATMULL
A System for Computer Generated Movies
Proc. ACM Annual Conf., Août 1972.
- E. CATMULL
The Problems of Computer-Assisted Animation
Computer Graphics, Vol 12, N°3, Août 1978.
- J. CITRON, J. WHITNEY
CAMP, computer assisted movie production
FJCC - AFIPS Conference Proc. - 1968 (33)
- G. COMPARETTI
Mouvement, Image, Ordinateur. Dessin Animé par Ordinateur
Congrès AFCET-Informatique 1980.
- G. COMPARETTI
Un outil de production industriel de dessin animé assisté par
ordinateur
CESTA - GRETSI - Premier Colloque Image - Biarritz, Mai 1984.
- F. COUPIGNY
La fabrication assistée par ordinateur de dessins animés à l'aide
du système PSYCHE-ANIM2
GRT-INA, Revue Radiodiffusion Télévision, N°57, 1979.
- C. CSURI
Real time computer animation
Proc. IFIP Congress 1974
- C. CSURI
Computer Graphics and art
Proc. IEEE - 1974 (62)

- C. CSURI
Computer animation
Proc. SIGGRAPH 1975 - Computer Graphics - ACM
- C. CSURI, R. HACKATHORN, R. PARENT, W. CARLSON, M. HOWARD
Towards an interactive high visual complexity animation system
Proc. SIGGRAPH 1979 - Computer Graphics - ACM
- J.P. DELGRANDE, L. MEZEI
An Interactive System for the Construction and Animation of
Dynamics models
Comput. and Graphics, Vol 4, 1979.
- S. FEINER, D. SALESIN, T. BANCHOFF
Dial : a diagrammatic animation langage
IEEE Computer Graphics and Applications 1982 (2(9))
- W. A. FETTER
A Progression of Human Figures Simulated by Computer Graphics
IEEE Comput. Graphics and Appl. - Nov 1982.
- D. FORTIN, J.F. LAMY, D. THALMANN
A multiple track animator system
Proc. SIGGRAPH/SIGGART Interdisciplinary Workshop on motion :
representation and perception 1983 - TORONTO
- C. GINSBERG, D. MAXWELL
Graphical Marionette
Workshop on Motion : representation and Perception - TORONTO,
Canada
Avril 1983 - SIGGRAPH/SIGART ACM
- R.A. GOLDSTEIN
A system for computer animation of 3D objects
Proc. 10th UAIDE Annual Meeting - 1971
- M. GREEN
A system for designing and animating objects with curved surfaces
Proc. Canadian Man-Computer Communications Society 1981
- R. HACKATHORN
Anima II : a 3D color animation system
Proc. SIGGRAPH 1977 - Computer Graphics - ACM
- D. HERBISON-EVANS
Real-Time Animation of Human Figure Drawings with Hidden Lines
Omitted
IEEE Comput. Graphics and Appl., Nov. 1982.
- F. HONEY
Artist-Oriented Computer Animation
Journal of SMPTE, Vol 2, Mars 1971.
- G. HUNTER
Computer Animation Survey
Computer and Graphics, Vol 2, 1977.

- K. JAHIDI
Application de la mécanique à l'animation interactive
CESTA - GRETSI - Premier Colloque Image - Biarritz, Mai 1984.
- Journal IBM Informatique n°13
Art et Ordinateur
- S. KALLIS
Computer Animation Techniques
Journal of SMPTE, Vol 80, Mars 1971.
- A. KITCHING
ANTICS, Graphic Animation by Computer
Computer and Graphics, Vol 2, 1977.
- J. KOREIN, N. BADLER
Temporal anti-aliasing computer generated animation
Proc. SIGGRAPH 1983 - Computer Graphics -ACM
- K.C. KNOWLTON
A computer technique for producing animated movies
Proc. SJCC AFIPS Conference - 1964 (25)
- K.C. KNOWLTON
EXPLOR : A generator of images
Proc. 9th UAIDE Annual Meeting - 1970
- E.L. LEVITAN
Electronic imaging techniques - an handbook of conventional and
computer-controlled animation, optical and editing processes
Van Nostrand Reinhold Company - 1977.
- M. LUCAS
Production de Dessins Animés à l'aide d'un Terminal Graphique: Le
système GENIAL
Congrès AFCET, Nov 1982.
- N. MAGNENAT-THALMANN, D. THALMANN
3D computer animations films using a programming language and
interactive systems
Proc. SIGGRAPH 1983 - Computer Graphics - ACM
- N. MAGNENAT-THALMANN, D. THALMANN
The use of 3D high level graphical types in the MIRA animation
system
IEEE Computer Graphics and Applications 1983 (3(9))
- F. MARTINEZ
Etude des Problèmes de Conception et de Réalisations d'Animation:
le Système SAFRAN
Thèse 3ème cycle, INP-Grenoble, Mai 1977.
- L. MEZEI, A. ZIVIAN
ARTA : an interactive animation system
Proc. Information Processing 1971 - North-Holland

- D. MIKOWICH
Digital technology and motion pictures
Computer Graphics World 1983 (7)
- S.P. MUDUR, J.H. SINGH
A notation for computer animation
IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics 1978 - SMC 8(4)
- A.J. MYERS
A digital video information storage and retrieval system
Proc. SIGGRAPH 1976 - Computer Graphics - ACM
- N. NEGROPONTE, P. PANGARO
Experiments with computer animation
Computer Graphics 1976 10(2)
- J. NOLAN, L. YARBROUGH
An on-line computer drawing and animation system
Proc. IFIP Congress 1968 - North-Holland
- M. NOLL
A computer technique for displaying n dimensional hyper-objects
Comm. of ACM, 10:469-473;(Août 1967).
- M. NOLL
Computer-generated three dimensional movies
Computer Automation, 14:(11):20-23(Nov 65).
- F.I. PARKE
Animation of faces
Proc. ACM Annual Conference 1972 (1)
- F.I. PARKE
A model of human faces that allows speech synchronized animation
Computer and Graphics 1975 1(1)
- F.I. PARKE
Adaptation of scan and slit-scan techniques to computer animation
Proc. SIGGRAPH 1980 - Computer Graphics - ACM
- F.I. PARKE
Parameterized models for facial animation
IEEE Computer Graphics and Applications 1982 2(9)
- S. PLATT, N. BADLER
Animating facial expressions
Proc. SIGGRAPH 1981 - Computer Graphics - ACM
- M.J. POTEL
Real-time playback in animation systems
Proc. SIGGRAPH 1977 - Computer Graphics -ACM
- M. POTMESNIL, I. CHAKRAVARTY
Modeling motion blurr in computer-generated images
Proc. SIGGRAPH 1983 - Computer Graphics - ACM
- W.T. REEVES
Inbetweening for computer animation utilizing moving point
constraints
Proc. SIGGRAPH 1981 - Computer Graphics - ACM

- S.P. RESSLER
An object editor for a real time animation processor
Proc. of Graphics interface 1982
- C.W. REYNOLDS
Computer Animation with scripts and actors
Computer Graphics - vol 16, n°3 - 1982
- M.K. SCHWEPPE
Motion in computer Graphics
CESTA - GRETSI - Premier Colloque Image - Biarritz, Mai 1984.
- S.W. SMOLIAR, L. WEBER
A lexical analysis of labanotation with an associated data
structure
Proc. ACM Annual Conf. 1978 (2)
- G. STERN
SoftCel - An application of raster graphics to conventional cel
animation
Proc. SIGGRAPH 1979 - Computer Graphics - ACM
- G. STERN
Bboop : a system for 3D key frame figure animation
SIGGRAPH 1983 Tutorial
- P.A. TALBOT, J.W. CARR III, R.C. Jr COULTER, R.C. HWANG
Animator : an on-line two dimensional film animation system
Comm. of the ACM 1971 14(4)
- D. THALMANN, N. MAGNENAT-THALMANN
Actor and camera data types in computer animation
Proc. Graphics Interfac 1983
- D. THALMANN, N. MAGNENAT-THALMANN, P. BERGERON
Dream flight : a fictional film produced by 3D computer animation
Proc. Computer Graphics 1982
- L. WEBER, S.W. SMOLIAR, N.I. BADLER
An architecture for the simulation of human movement
Proc. ACM National Conf. 1978
- J.H. WHITNEY
A computer art for the video picture wall
Proc. IFIP Congress 1971
- L. WILLIAMS
Overview of 3D animation
Tutorial notes on Computer Animation SIGGRAPH 1983
- E. ZAJAC
Computer-made perspective movies as a scientific and communication
tool
Comm. of ACM, 7 Mars 1964.
- E. ZAJAC
Computer Animation : A new Scientific and Educational tool
Journal of SMPTE, 1975.

- D. ZELTZER
Motor control techniques for figure animation
IEEE Computer Graphics and Applications 1982 2(9)
- D. ZELTZER
Representation of complex animated figures
Proc. Graphics Interface 1982
- D. ZELTZER
Knowledge-based animation
Proc. SIGGRAPH/SIGART Workshop on motion 1983, TORONTO
- R. ZIMMERLIN, J. STANLEY, W STONE
A sensor simulation and animation system
Proc. SIGGRAPH 1978 - Computer Graphics - ACM

B.4. SYSTEMES GESTUELS

- W. D. ATKINSON, K. E. BOND, G. L. TRIBBLE, K. R. WILSON
Computing with feeling
Comput. and Graphics, Vol 2, 1977.
- S. I. BENNION, J. D. CREAGER, R. D. VanHOUTEN
Touch Sensitive Graphic Terminal applied to Process Control
Computer Graphics, Vol 15, N°4, Déc 1981.
- M. BRIOT, M.A. MEYER, J.P. RICHARD
Détermination de la position d'un objet à l'aide d'un capteur
matriciel plan
Bioméca II, Toulouse, 24-25 Nov 1976.
- J. CLOT, J. FALIPOU
Capteur tactile
Brevet ANVAR N° 7534-225, Nov 1975.
- C. HEROT, G. WEINZAPFLER
One Point Touch of Input Vector Information for Computer Displays
Computer Graphics, Vol 12, N°3, 1978.
- R.W. THORNTON
The number wheel : a tablet based valuator for interactive 3D
positioning
Proc. SIGGRAPH 1979 - Computer Graphics - ACM

B.5. GRAPHIQUE ET INTERACTIVITE

- E. ANSON
The semantic of graphical input
Proc. SIGGRAPH 1979 - Computer Graphics - ACM

- J. van den BOS
High-level graphics input tools and their semantics
Methodology of interaction
R. Guedj et al. Ed. - North-Holland 1980
- R.A. GUEDJ, H.A. TUCKER
Methodology in Computer Graphics
Workshop IFIP SEILLAC I - North-Holland - 1976
- R. GUEDJ et al. Ed.
Methodology of interaction
Workshop SEILLAC II - North-Holland - 1980
- INFORMATION PROCESSING GRAPHICAL KERNEL SYSTEM (GKS)
Draft International Standard ISO/DIS 7942 - Nov 1982
- A. LEDUC-LEBALLEUR, M. LUCAS, F. MARTINEZ
Conception et réalisation d'un logiciel graphique interactif
indépendant du contexte d'utilisation : le logiciel de base GRIGRI
Revue RAIRO Informatique 1978 - Vol 12, n°2
- M. LUCAS
Contribution à l'étude des techniques de communication graphique
avec un ordinateur. Eléments de base des logiciels graphiques
interactifs
Thèse d'Etat - INPG - Grenoble - 1977
- M. LUCAS
La réalisation de logiciels graphiques interactifs
Eyrolles - 1969
- F. MARTINEZ
Vers une approche systématique de la synthèse d'image. Aspects
matériels et logiciels.
Thèse d'état - INPG - Grenoble - 1982
- J.C. MARTY
Un éditeur graphique pour le système CASCADE : EDICAS
Thèse 3ème cycle - INPG, Grenoble - 1984
- J. ROSENTHAL
The detailed semantics of graphics input devices
Proc. SIGGRAPH 1092 - Computer Graphics - ACM
- TEKTRONIX
PLOT 10 Interactive Graphics Library
User's Manual - 1982

B.6. LES PUBLICATIONS DE NOTRE EQUIPE

- C. CADOZ
Synthèse de sons par simulation de mécanismes vibratoires -
Application aux sons musicaux
Thèse 3ème cycle - INP-Grenoble - 1979

- C. CADOZ
Study of the relation between instrumentist and instrument
Proc. 101ème Congrès de l'Acoustical Society Association - 1981
- C. CADOZ
Processus, modèles de synthèse sonore et conception de l'ordinateur
comme outil de création musicale
International Computer Music Conference - 1984
- C. CADOZ, A. LUCIANI
Gesture, instrument and musical cration
Congrès de l'Audio Engineering Society - 1984
- C. CADOZ, A. LUCIANI, J.L. FLORENS
Responsive input devices and sound synthesis by simulation of
instrumental mechanisms - The CORDIS system.
Computer Music Journal - 1984, vol 8, n°3
- T. BERBERYAN
Application des processus récursifs à la synthèse sonore
DEA d'électronique - INP-Grenoble - 1979
- T. BERBERYAN
Etude et réalisation d'un calculateur spécialisé pour la synthèse
sonore en temps réel par simulation de mécanismes instrumentaux
Thèse Docteur-Ingénieur - INP-Grenoble - 1982
- J.L. FLORENS
Coupleur gestuel rétroactif pour la commande et le contrôle de sons
de synthèse
Thèse 3ème cycle - INP-Grenoble - 1978
- A. LUCIANI
Un outil de création d'images animées par ordinateur
DEA d'électronique - INP Grenoble, 1981
- A. LUCIANI
L'animation, l'informatique et leur technique
Banc-titre - n°16, 1981
- A. LUCIANI, C. CADOZ
Modélisation et animation gestuelle d'objets - Le système ANIMA
CESTA - 1er Colloque Image - 1984
- A. LUCIANI, C. CADOZ
Du son à la représentation intégrale de l'univers instrumental
International Computer Music Conference - 1984

AUTORISATION de SOUTENANCE

VU les dispositions de l'article 3 de l'arrêté du 16 avril 1974,

VU les rapports de présentation de Messieurs

- . Ph. JORRAND, Directeur de recherche et
C. CADOZ, Ingénieur
- . P. QUEAU, Ingénieur

Mademoiselle LUCIANI Anasthasie Michèle

est autorisée à présenter une thèse en soutenance en vue de l'obtention du diplôme de DOCTEUR-INGENIEUR, spécialité "Electronique"

Fait à Grenoble, le 16 octobre 1985 *uy.*

Le Président de l'I.N.P.-G

D. BLOCH
Président
de l'Institut National Polytechnique
de Grenoble

P.O. le Vice-Président,



Thèse de Docteur-Ingénieur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble

Auteur : Annie LUCIANI

Etablissement : Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle
Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression

Titre : Un Outil Informatique de création d'images animées
Modèles d'objets, langage, contrôle gestuel en temps réel
Le système ANIMA

Résumé :

L'art et la science sont aujourd'hui étrangers, de par la séparation des structures qui les supportent. Le sujet qui nous motive et sur lequel nous travaillons depuis longtemps déjà, procède de l'un et de l'autre. Nous tiendrons des propos sur l'art et des propos sur la science.

Plus précisément, les travaux qui font l'objet de cette thèse concernent l'utilisation de l'ordinateur comme outil de création d'images animées.

Pour cela :

- * nous cherchons à identifier l'apport essentiel de l'informatique à la création, comparativement aux technologies qui l'ont précédée,

- * nous tentons de définir un concept général d'outil de création.

Parallèlement à l'analyse de pratiques traditionnelles de l'animation ainsi que des systèmes actuels d'animation par ordinateur, nous développons une analyse du processus de création qui nous permet de définir les principales fonctions d'un outil informatique de création d'images animées.

Nous traitons concrètement des questions :

- * du contrôle gestuel du mouvement en temps réel,

- * de la définition du langage de construction d'objets qui peuvent supporter le mouvement, de la définition de modèles pour ces objets, de leur mise en algorithmes et de leur implémentation,

- * de la définition de l'environnement interactif nécessaire à la définition des situations de création.

Nous présentons des séquences d'images animées que nous avons réalisées à l'aide de ce système.

Mots-clés : Synthèse d'images - Images animées - Simulation d'objets physiques - contrôle gestuel - temps réel - transducteurs gestuels - visualisation temps réel.