

Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ - Mai 1984 -

MODELISATION ET ANIMATION GESTUELLE D'OBJETS - LE SYSTEME ANIMA
 ANIMATION BY MEANS OF OBJECTS MODELING AND GESTUAL CONTROL - THE ANIMA
 SYSTEM

Anasthasie LUCIANI - Claude CADUZ

L.I.F.I.A. - ENSIMAG, BP 68, 38402 - St Martin d'Hères Cedex - Tel : (76) 51.46.00

RESUME

Les travaux présentés dans cet article concernent l'utilisation de l'ordinateur comme outil de création d'images animées. Notre propos est de définir un outil, non seulement permettant de produire des images animées, mais également support de la découverte et de l'apprentissage du mouvement.

Les objets complexes que peuvent manipuler les systèmes de synthèse d'images les plus performants (simulation de la transparence, définition d'objets 3D...) n'entretiennent entre eux et avec l'opérateur que des relations topologiques ou visuelles. On ne peut les toucher, car ils sont sans consistance, ni définir entre eux des relations dynamiques.

Pour cela, il faut leur rajouter des informations que nous appellerons "informations de comportement", susceptibles de restituer des phénomènes dynamiques tels que chocs, résistance au déplacement, attraction, équilibre... Les modèles de comportement que nous avons choisis dans le système ANIMA ont comme éléments de base des éléments de la mécanique classique - masse, raideur, frottement ainsi que des éléments restituant la relation conditionnelle entre 2 objets-.

Le système ANIMA est constitué par un environnement matériel et par un langage, permettant à l'opérateur :

* la définition modulaire de tout objet manipulable contenant informations mécaniques, morphologiques et visuelles.

* l'animation en temps réel de ces objets à partir d'une action gestuelle, s'appliquant sur ceux-ci par l'intermédiaire de transducteurs gestuels à retour d'effort.

La caractéristique essentielle de ces transducteurs est de pouvoir retourner à l'animateur une information gestuelle sur le comportement de l'objet, pendant la manipulation.

SUMMARY

The work presented in this paper deals with the use of computer as a creation tool for animated pictures. Our aim is, not only to define a production tool, but also a complete environment for discovery and learning the movement.

Image synthesis systems do not take into account "behavioural information" of their objects; we mean, information about dynamic phenomena such as impact, stiffness, resistance to displacement, attraction, stability... Their objects are only define by their topological, morphological and visual relations. There are no touch and kinesthetic feeling.

The ANIMA system deals more specifically with "behavioural information". An object is considered as a set of mechanical elements : mass, spring and friction element, conditional linkage between two or several objects. With ANIMA, human gesture can animate objects in real time. ANIMA consists in a material environment and a langage.

* The langage deals first with the modular mechanical description of objects, then with their geometrical and visual features.

* About material, we point at gestual transducers. Those devices link an human operator to a mechanical simulated object. Some of them are gestual transducers with mechanical feedback in order to transmit kinesthetic perception which result from an action on a object.



I. ANIMATION ET ORDINATEUR

I.1. LA SYNTHÈSE D'IMAGES...

Les techniques de synthèse d'images par ordinateur sont progressivement passées du contrôle de l'image elle-même, à un niveau très proche du support final, l'écran, au contrôle de processus générateurs de l'image.

Il en est ainsi par exemple de l'introduction des processus physiques simulant la transparence et la réflexion d'une surface ou des procédés géométriques permettant de décrire des espaces à 3 dimensions dans les systèmes de synthèse.

De ce fait, les activités de l'utilisateur face à un outil de création d'images se sont diversifiées. Agissant comme un graphiste, un peintre ou un photographe au niveau du contrôle de l'image, il devient maquettiste, sculpteur, metteur en scène au niveau de la simulation d'une scène à 3 dimensions, ou scénariste, écrivain, compositeur lorsqu'il compose des structures formelles temporelles ou spatiales.

L'image devient alors, non plus objet sur lequel on travaille, mais pour lequel on travaille. Les processus qui entrent dans sa génération peuvent être de nature très diverse et peuvent modifier considérablement l'activité du créateur d'images, faisant éclater des frontières parfois bien stabilisées.

I.2. CEPENDANT...

Les objets ainsi créés, visuellement et spatialement riches, n'entretiennent entre eux et avec l'opérateur que des relations topologiques ou visuelles.

On ne peut les toucher. Ils n'ont pas de relation dynamique entre eux tel un objet friable qui se casse en tombant sur le sol ou un objet lourd qui se met en mouvement plus difficilement qu'un objet léger.

Pour cela, il faut enrichir la définition des objets et adjoindre aux informations usuellement mises en oeuvre, topologiques, morphologiques et visuelles, d'autres types d'informations que nous appellerons les informations de comportements. Il s'agit d'informations telles que le poids, la rigidité, la résistance au déplacement, la consistance d'une matière... etc, informations de type mécanique, susceptibles de permettre la restitution de relations dynamiques entre objets telles que les relations de chocs, d'attraction, de liaison, d'équilibre...etc.

Par ailleurs, il faut remarquer que pour qu'un objet soit manipulable par un opérateur humain, il faut qu'il contienne ce type d'informations. Ainsi, pour pouvoir saisir un objet, il faut qu'il ait une forme mais également une certaine matière ou consistance, sur laquelle s'applique l'acte réel de préhension.

En fait, ces informations, bien que non visibles lorsque l'objet est au repos, sont perçues par différents capteurs proprioceptifs, en particulier tactiles et kinesthésiques. De ce fait, elles guident notre action, et interviennent pour une part importante dans la perception du mouvement et sa signification.

D'autres modèles de comportement dynamiques peuvent être choisis si l'on s'intéresse à l'évolution dynamique de systèmes indépendamment de la possibilité de les manipuler gestuellement (DELGRANDE, MEZEI, 1979).

I.3. ET L'ANIMATION...

I.3.1. Que manipule l'animateur dans la pratique traditionnelle?

Dans la pratique traditionnelle de l'animation, l'animateur agit sur une scène, composée, d'une part de la caméra, dont les fonctions sont la fonction d'échantillonnage temporel et la fonction de mémorisation, d'autre part d'un univers d'objets. Ceux-ci peuvent être très variés. Il peut s'agir de tous les objets plastiques habituels tels que "dessins", "peintures" ou "sculptures", mais également d'objets quelconques par exemple des objets déformables, comme ceux obtenus avec de la pâte à modeler ou du sable, matériaux fréquemment utilisés, ou bien encore des objets dynamiques possédant un mouvement propre.

I.3.2. Comment manipule-t-il?

Pour simplifier, n'envisageons que 2 classes d'objets: "la marionnette" et le "dessin".

* dans le cas de la marionnette, l'animateur est en relation gestuelle étroite avec l'objet qu'il manipule. La marionnette est un objet structuré doté de comportements. L'opérateur agit sur la marionnette et simultanément perçoit son comportement. Cette interaction gestuelle, qui dépend de l'objet manipulé, est essentielle à la maîtrise du mouvement.

Ainsi percevoir la raideur d'une articulation ou le frottement de l'objet sur le sol aide considérablement la conduite du geste.

Il est connu, par exemple, que des novices de l'animation créent plus rapidement des mouvements corrects dans l'animation d'objets que dans l'animation de dessins. Ils ne se trompent pas dans la réalisation d'un phrasé ou dans l'appréciation des durées relatives des diverses parties d'un mouvement.

Le premier intérêt que nous voyons dans la marionnette, est son expérimentabilité qui provient de l'existence d'une relation sensorielle complète entre elle et l'animateur. C'est cette relation sensorielle complète qui permet l'apprentissage et la découverte de mouvements nouveaux.

* Dans le cas du dessin:

Comparativement à la marionnette, il se prête plus aisément à la modification et à la transformation. Son intérêt essentiel réside donc dans sa plus grande capacité de représentation.

En ce qui concerne le mouvement, celui-ci doit être entièrement défini sur papier, avant la prise de vue, sous forme d'abaques, de fonctions d'évolution et de dessins-clés. Mais avant d'en arriver à la phase papier, toute une phase de conception et d'apprentissage du mouvement a été au préalable franchie.

Quelles en sont les modalités ?

Il n'est pas rare que pour mettre au point un mouvement nouveau, l'animateur fasse appel au "mime", simulant physiquement le mouvement voulu, et le recherchant ainsi, à mains nues ou en tenant un objet qu'il s'imagine être l'objet qu'il veut animer, refaisant le même geste autant de fois qu'il est nécessaire pour son intériorisation, sa formalisation et sa transcription sur papier. C'est par ce travail, généralement considéré comme relevant de l'expérience privée et empirique de l'animateur, bien plus que comme une activité de studio, qu'il détermine les instantanés qui donneront les dessins-clés ainsi que les lois temporelles.

Nous retrouvons dans ce pré-travail de l'animateur de dessin une activité du type gestuelle en oeuvre dans l'animation de marionnette.

I.3.3. Avec l'ordinateur :

L'ordinateur permet potentiellement à la "marionnette" et au "dessin" de se rejoindre. Nous pouvons disposer de toute la capacité de représentation auparavant offerte par le dessin et ceci pour n'importe quel objet, qu'il soit du type marionnette ou du type dessin.

Etant capable de traiter n'importe quel type d'informations (gestuelles, visuelles, mécaniques...), moyennant des dispositifs physiques appropriés (capteurs, moteurs...), nous pouvons disposer de possibilités de "rapport sensoriel" à l'objet du même type que celui que nous avons décrit dans le cas de la marionnette.

L'animation par ordinateur (BURTNIK & WEIN, CATMULL, COMPARETTI, COUPIGNY, KALLIS, KITCHING, MARTINEZ) s'est surtout inspirée des techniques de dessins-clés et de fonction d'évolution et n'ont pas, de ce fait, rechercher la possibilité d'un rapport sensoriel à l'objet.

II. LES PRINCIPALES FONCTIONS DE L'OUTIL INFORMATIQUE DE CREATION D'IMAGES ANIMEES

II.1. L'OUTIL DE CREATION

Notre propos n'est pas uniquement de fournir un outil de production d'images animées à l'animateur déjà expérimenté mais de proposer un outil simultanément support de l'apprentissage, de la découverte et de la production.

De ce fait, la fonction centrale que nous attribuons à un outil informatique de création d'images animées repose sur la notion d'objets manipulables, susceptibles d'être animés gestuellement et dont nous avons vu le rôle dans le cas de la marionnette.

II.2. L'ACTIVITE DE MANIPULATION

II.1.2. Action et perception gestuelle

Les canaux sensoriels en cause lorsque nous manipulons un objet sont :

* parmi les canaux émetteurs d'informations : la voix et les organes effecteurs (muscles, articulations...).

* parmi les canaux récepteurs d'informations : la vue, l'ouïe, et les diverses perceptions proprioceptives telles que le toucher et la perception kinesthésique.

Pour notre propos, nous ne retiendrons que la vue et ce que nous nommerons le canal gestuel. Ce dernier regroupe les organes effecteurs et les perceptions kinesthésiques qui leur sont associées. En effet, celles-ci sont simultanées de l'action motrice. Le canal gestuel est un canal sensori-moteur où action et perception sont indissociables. Nous parlerons d'action gestuelle et de perception gestuelle ou kinesthésique.

L'action gestuelle nous permet de fabriquer, de déplacer ou de déformer des objets. Dans le temps même de cette action, la perception gestuelle (kinesthésique) nous renseigne sur certaines propriétés mécaniques de l'objet.

II.1.2. Typologie du geste de manipulation

Le but est de réaliser des systèmes physiques, que nous appellerons "transducteurs gestuels", intermédiaires physiques entre l'animateur et les objets simulés. Cela suppose l'élaboration préalable, dans cette optique, de critères de classification des gestes de manipulation.

Nous distinguons trois types de gestes d'où se déduiront 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, correspondant soit à des déplacements, soit à des 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).

II.1.3. Les transducteurs gestuels

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 :

Ils doivent permettre d'agir sur l'objet et de percevoir son comportement. Le geste de manipulation 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 d'autre part de moteurs qui assureront la fonction de réaction mécanique (appelée parfois retour d'effort), programmable en fonction de l'objet simulé (figure 1).

* les transducteurs gestuels non rétroactifs 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...).

* les transducteurs gestuels non rétroactifs discrets :

Ils seront le support du geste de sélection (clavier, boutons...).

II.3. L'OBJET MANIPULABLE

Il est l'intermédiaire entre le geste de l'animateur et l'image animée (figure 1). Il a pour rôle de générer les informations visuelles et gestuelles que percevra l'animateur, de manière cohérente entre elles, et cohérente avec la manipulation.

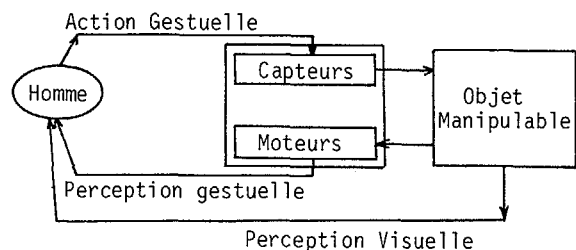


Figure 1



Il contient au minimum trois types d'informations, mécaniques, morphologiques et visuelles.

Les informations mécaniques et morphologiques sont nécessaires pour la conduite du geste. Les informations morphologiques et visuelles sont nécessaires pour la perception visuelle.

III. LE SYSTEME ANIMA

Nous avons réalisé une maquette de l'outil informatique pour la création d'images animées dont nous avons défini les principales caractéristiques dans le paragraphe précédent. C'est cette version maquette du système ANIMA que nous décrirons ici.

Les objets que l'on peut créer avec cette maquette, sont des objets manipulables à 2 dimensions. Cette maquette se compose d'un langage de commande, support du mode opératoire, d'un langage de description d'objets manipulables, d'un ensemble d'algorithmes de simulation, et d'un environnement matériel permettant le dialogue, la visualisation temps réel et l'activité gestuelle.

Pour supporter le dialogue avec l'utilisateur dans le mode opératoire et la description des objets, nous avons développé un outil logiciel de dialogue, ANIGRAPH, comprenant des outils de dialogue alphanumérique et graphique, indépendant de l'application.

III.1. ENVIRONNEMENT MATERIEL

Autour d'un mini-calculateur et d'un processeur périphérique esclave spécialisé pour le calcul en temps réel (processeur vectoriel) sont regroupés différents systèmes d'entrées/sorties.

III.1.1. L'environnement matériel pour le dialogue
 La configuration classique écran-tablette graphique a été étendue par d'autres entrées, sticks et capteurs de force. Nous avons, en particulier, réalisé un capteur multivoies comprenant un capteur de position (X,Y), et 3 capteurs de forces (FX,FY,FZ). Ce capteur se connecte à la tablette graphique, où il vient remplacer la souris. Nous pouvons, à l'aide de ce capteur, modifier gestuellement un ou plusieurs paramètres de l'application simultanément.

III.1.2. Le système de visualisation temps réel
 "Temps réel" signifie que chaque image est créée de manière synchrone avec les entrées/sorties gestuelles. Celles-ci sont échantillonnées à une fréquence de 100 à 1000 Hz. Elles fournissent donc une nouvelle valeur toutes les 1 à 10 ms. L'image donc être recréée au minimum toutes les 40 ms (25 images/s). Par ailleurs, l'image devra être de très bonne résolution car une résolution médiocre nuit à la perception du mouvement.

Il est illusoire compte tenu de ces contraintes de vouloir générer à ce rythme une image complexe comprenant des surfaces, des couleurs ou des textures. Par ailleurs, ces attributs ne sont pas tous nécessaires au contrôle de la manipulation. Nous avons adopté une représentation visuelle minimale du type "fil de fer".

Nous avons réalisé un système d'affichage comprenant un générateur de vecteurs rapide permettant d'afficher 100 000 vecteurs/seconde sur un écran rapide monochrome à balayage cavalier avec une résolution de 2048x2048 points.

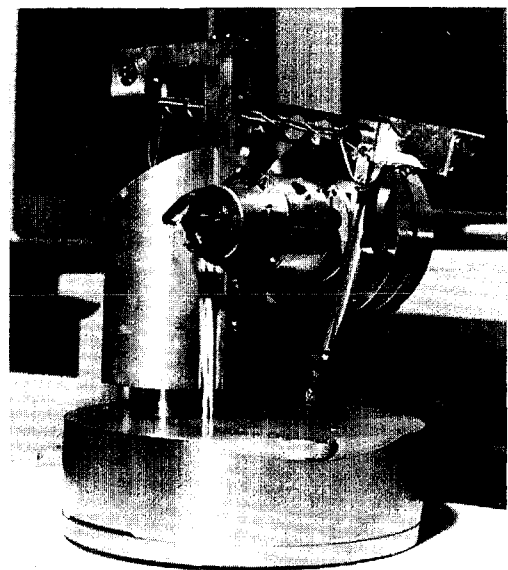
III.1.3. Les transducteurs gestuels

III.1.3.1. les transducteurs gestuels non rétroactifs

Pour le geste de modification, nous disposons de systèmes d'entrée classiques (sticks). Nous avons par ailleurs réalisé des systèmes capteurs de forces et en particulier un capteur mixte de position (X,Y) et de forces (FX,FY,FZ) dont nous avons parlé au paragraphe III.1.1.. En effet, les systèmes gestuels non rétroactifs peuvent servir 2 fonctions différentes, celles concernant le geste de modification et celles intervenant dans un dialogue interactif.

III.1.3.2. les transducteurs gestuels rétroactifs

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. La réalisation d'un transducteur à 2, 3, ou plusieurs degré 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 psycho-physiques étudiant la boucle geste-vue (S. STERNBERG, T. WRIGHT, Bell laboratories).



Transducteur Gestuel n° 2



Nous avons réalisé 2 prototypes de transducteurs gestuels rétroactifs. Leur limitation essentielle est de ne permettre l'action que suivant 1 degré de liberté. Le premier prototype se présentait sous la forme d'un stick pouvant se déplacer sur 50 cm environ. Moins puissant que celui-ci, le second prototype (photographie 2) se présente sous la forme d'une touche, qui peut être saisie ou percutée, et qui se déplace sur 5 cm environ. Le rôle de ces dispositifs est essentiellement évaluatif. Nous avons pu réaliser diverses simulations : chocs entre 2 objets dont un est tenu par l'opérateur par l'intermédiaire du transducteur, simulation d'obstacles franchis dans diverses conditions (attraction, répulsion, résistance, rupture). Malgré les limites de ces 2 systèmes, l'effet de rétroaction s'avère démonstratif.

III.2. LE LANGAGE DE COMMANDE

III.2.1. Le mode opératoire

Le mode opératoire de ANIMA se décompose en 2 phases :

* la première, dite de "préstructuration", consiste à définir l'objet manipulable et la nature de conduites que l'on aura à son égard. Cette phase de préstructuration se décompose elle-même en 2 parties, une, dite de préstructuration qualitative, où l'on définit la forme générale de l'objet (ex : une ligne, une surface), l'autre, dite de préstructuration quantitative, où sont donnés les paramètres définissant la matière de l'objet (ex : une ligne d'élasticité donnée).

* la deuxième, dite de "jeu de manipulation", où l'opérateur manipule l'objet en temps réel gestuellement (geste de manipulation, geste de modification, geste de sélection).

III.2.2. Préstructuration qualitative

Elle comprend la définition des entrées/sorties gestuelles, de l'objet proprement dit, et des sorties pour la visualisation ou l'archivage. Elle est supportée par un dialogue alpha-graphique à l'aide des outils de dialogue proposés par ANIGRAPH, (menus, menus et tableaux à double entrée appelés matrices, outils de désignation et de représentation graphique de ANIGRAPH et de l'environnement matériel de dialogue). L'écran de dialogue est décomposé en plusieurs zones : une zone affectée au dialogue alpha-graphique (menus, matrices, textes), une zone message, une zone affectée à la représentation symbolique alpha-graphique de l'objet.

III.2.3. Préstructuration quantitative

La donnée des paramètres de matière de l'objet s'effectue soit de manière interactive sur des menus et tableaux à double entrée, fournis par ANIGRAPH, soit gestuellement à l'aide des capteurs que nous avons définis dans le paragraphe "environnement matériel pour le dialogue". La modification d'un paramètre entraîne une modification de l'élément graphique représentant la partie de l'objet concernée (ex : le cercle représentant une masse a un rayon proportionnel à la valeur de la masse).

Nous disposons ainsi de 2 modes complémentaires pour l'entrée de paramètres: l'un de définition quantitative (pointage dans une matrice, entrée de la valeur au clavier, mise à jour de la valeur), l'autre de définition qualitative (action sur un capteur et modification en boucle du symbole. Ex : grossissement du cercle représentant la masse en liaison avec la force exercée sur le capteur).

III.3. LE LANGAGE DE DESCRIPTION DES OBJETS ET LES ALGORITHMES DE SIMULATION

C'est depuis le mode PSQL (Préstructuration qualitative) que l'utilisateur a accès au langage de description des objets manipulables. Il s'agit de pouvoir construire et expérimenter des objets divers. Ce langage doit donc permettre de décrire ces objets de manière modulaire. Tous les calculs de simulation doivent par ailleurs être totalement transparents pour l'utilisateur.

Pour simplifier l'implantation et disposer d'un outil très souple pour son évaluation tant du point de vue langage que du point de vue algorithmique, il y a, dans la maquette ANIMA, une isomorphie totale entre le langage de description des objets et les algorithmes de simulation. Ainsi, aussi bien le langage que le système d'algorithmes sont constitués de "modules" qui se correspondent terme à terme.

III.3.1. Description de l'objet manipulable

La décomposition de l'objet est basée sur une méthode du type "éléments finis". Les objets sont discrétisés spatialement selon des éléments "masses", "raideur", "frottement". Tout objet se décrit donc sous la forme d'un réseau discret : Les déformations et les déplacements de l'objet sont représentés par les déplacements de n points en nombre fini, et les forces extérieures sont appliquées exclusivement en ces points. En ces points, sont concentrés les "masses". Elles forment donc les noeuds du réseau. Les mailles du réseau sont constituées mécaniquement par des éléments de liaison (raideur - frottement) sans masse.

Le maillage de l'objet n'est pas automatique. L'utilisateur dispose lui-même les noeuds et les liaisons entre les noeuds, et a ainsi accès au plus petit élément. Cette particularité s'est révélée intéressante pour expérimenter le système et laisser à l'utilisateur la possibilité de créer ses objets "au fur et à mesure". Il s'agit d'une modélisation "atomique" et "modulaire" de l'objet.

Nous séparons ces éléments en 2 catégories : les "éléments matériels" et les "éléments de liaison". Pour les premiers, les entrées sont des forces et les sorties des déplacements. Pour les seconds, les entrées sont des déplacements et les sorties des forces. Le problème de la modularité est ainsi résolu, puisque tout module de liaison (simple ou composé) peut relier n'importe quel module matériel (simple ou composé) (figure 2). Les éléments composés (liaisons ou matériels) sont créés à partir d'éléments quelconques plus simples (masse, raideur, frottement).

Tout objet manipulable se définit à partir d'un assemblage d'éléments matériels et d'éléments de liaison. Sur lui, s'appliquent des forces en provenance du milieu extérieur (animateur) ou en provenance d'autres objets. Il en résulte une modification des positions de chacun des éléments matériels qui composent l'objet, donc pour l'objet des déformations ou des déplacements.

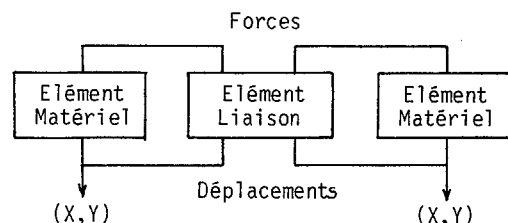


figure 2



Dans la mesure où nous ne voulons pas uniquement connaître le comportement d'un objet mais où nous voulons voir évoluer dans l'espace un ou plusieurs objets créés par le manipulateur, avec comme seules entrées les données en provenance des gestes de manipulation, il nous faut pouvoir simuler nous seulement des objets, mais également des relations entre objets et permettre le couplage de ceux-ci au manipulateur.

Nous avons donc défini des éléments de liaisons linéaires mais conditionnelles, dont l'état à un instant donné dépend de conditions choisies pour rendre compte des phénomènes les plus courants (chocs, changement de milieu).

III.3.2. Les modules de ANIMA

Le langage de description et de simulation des objets comprend 9 types de modules :

1. le module de communication avec les transducteurs gestuels (module CANAL) acquiert les données gestuelles en provenance de capteurs, et retourne les données de rétroaction aux moteurs des transducteurs rétroactifs. Un canal est composé de 1 voie rétroactive pour le geste de manipulation et n voies non rétroactives pour les gestes de modification.

2. les modules d'entrée/sortie gestuelles définissent l'entrée gestuelle captée comme étant soit une entrée de force (modules FEX, FEP), soit une entrée de position (modules PEX, PEF) et, pour les modules rétroactifs, la sortie gestuelle comme une sortie de position (module FEP) ou de force (module PEF).

3. les modules matériels (modules SOL, MASSE, CORDE) simulent des éléments qui se déplacent lorsqu'ils sont soumis à des forces. Le SOL est par définition absolument rigide. La CORDE est composée de p masses reliées par des liaisons linéaires.

4. les modules de liaisons linéaires sont composées d'un ensemble de ressorts et de frottements. Les paramètres de ces modules sont des coefficients de raideur et de frottement. Elles permettent de relier un ou plusieurs objets, parties d'un objet ou éléments matériels. On peut ainsi facilement construire des réseaux.

5. les modules de liaison conditionnelle (modules LIC) est une liaison linéaire dont l'état dépend de conditions. Ces conditions (augmentation, diminution, changement de signe, supérieur ou inférieur à un seuil, conditions extérieures) peuvent porter sur des positions, des longueurs ou des distances, des vitesses.

6. les modules de liaisons dégénérées (module MOTEUR et ATTRACTION) fournissent des forces indépendantes des positions des objets sur lesquelles elles s'appliquent.

7. les modules de contrôle de paramètres permettent la modification des paramètres soit de manière externe, par un geste (module CEP) à partir des données en provenance des voies non rétroactives du module CANAL soit, soit de manière interne, par des variables de calcul (module CIP). La modification interne permet d'obtenir des comportements non-linéaires.

8. les modules de modification de structure permettent de modifier l'objet en cours de jeu. La modification s'effectue en mode dialogué. Le nouveau code-machine correspondant au nouvel objet est généré et chargé dans le processeur temps réel de manière suffisamment rapide pour qu'elle soit transparente et le calcul correspondant à la nouvelle simulation reprend.

9. les modules de visualisation temps réel (modules POINT, VECTEUR) établissent une correspondance entre variables de simulation et grandeurs graphiques. Ils permettent de mailler visuellement l'objet de manière quelconque.

III.3.3. Exemples

Donnons, à titre d'exemple, la description d'un élément de surface inhomogène animée par 1 de ces points.

La figure 3 représente l'objet créé sur l'écran de dialogue et l'objet affiché sur l'écran temps réel avec ses accès gestuels.

L'objet créé se décrit dans le langage ANIMA de la manière suivante :

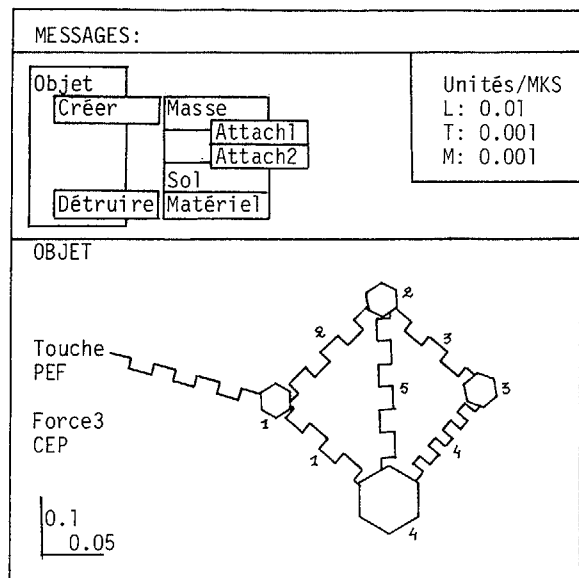
* Phase de préstructuration qualitative

TRANSDUCTEURS: "TOUCHE", rétroactif, 2 degrés de liberté
"FORCE3", non-rétroactif, 3 degrés de liberté
ENTREES: CANAL "touche", "force3"
PEF "touche", Masse 1
OBJET: MASSE 1,2,3,4
LIAISON RF: (masse 1/masse 2)
(masse 2/masse 3) (masse 3/masse 4)
(masse 4/masse 1) (masse 4/masse 2)
SORTIES: VECTEUR : liaisons 1,2,3,4,5
CONTROLE EXTERNE DE PARAMETRES

* Phase de préstructuration quantitative

Les ressorts 1, 2, 3, ont même raideur. Le ressort 4 est plus raide. Les masses 1, 2, 3 sont égales. La masse 4 est plus élevée.

ECRAN DE DIALOGUE



ECRAN TEMPS REEL

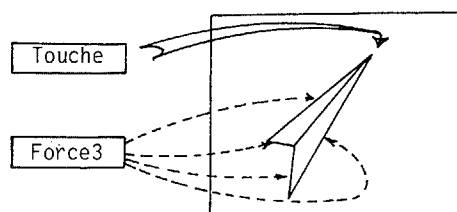


Figure 3

Dans la phase de jeu en temps réel, l'élément de surface est visualisé sur l'écran temps réel et actionné par les transducteurs gestuels. Le transducteur "Touche" servant à manipuler la surface par un de ses points étant rétroactif, on perçoit "gestuellement" les différents états de la surface : étirée, contractée, éventuellement vibrant...

Les travaux de recherche présentés dans cet article sont menés en collaboration par l'A.C.R.O.E. et le L.I.F.I.A., et sont soutenus financièrement par le Ministère de la Culture/Direction de la Musique et l'Agence de l'Informatique.

BIBLIOGRAPHIE

ANIMATION PAR ORDINATEUR

1. BUTNIK, WEIN
"Interactive Skeleton Techniques for Enhancing Motion Dynamics in Key Frame Animation"
Comm. of ACM, Vol 19, N°10, Oct. 1976.
2. BURTNIK, WEIN
"Computer Animation of Free-Form Images"
Computer Graphics, Vol 9, 1975.
3. BURTNIK, WEIN
"Computer Generated Key Frame Animation"
Journal of SMPTE, Vol 80, Mars 1971.
4. E. CATMULL
"The Problems of Computer-Assisted Animation"
Computer Graphics, Vol 12, N°3, Août 1978.
5. G. COMPARETTI
"Mouvement, Image, Ordinateur. Dessin Animé par Ordinateur"
Congrès AFCET-Informatique 1980.
6. 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.

7. J. P. DELGRANDE, L. MEZEI
"An Interactive System for the Construction and Animation of Dynamics models"
Comput. and Graphics, Vol 4, 1979.
8. G. HUNTER
"Computer Animation Survey"
Computer and Graphics, Vol 2, 1977.
9. S. KALLIS
"Computer Animation Techniques"
Journal of SMPTE, Vol 80, Mars 1971.
10. A. KITCHING
"ANTICS, Graphic Animation by Computer"
Computer and Graphics, Vol 2, 1977.
11. F. MARTINEZ
"Etude des Problèmes de Conception et de Réalisations d'Animation: le Système SAFRAN"
Thèse 3ème cycle, INP-Grenoble, Mai 1977.
12. E. ZAJAC
"Computer Animation : A new Scientific and Educational tool"
Journal of SMPTE, 1975.

COMMUNICATION GESTUELLE

13. W. D. ATKINSON, K. E. BOND, G. L. TRIBBLE, K. R. WILSON
"Computing with feeling"
Comput. and Graphics, Vol 2, 1977.
14. 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.
15. C. HEROT, G. WEINZAPFLER
"One Point Touch of Input Vector Information for Computer Displays"
Computer Graphics, Vol 12, N°3, 1978.