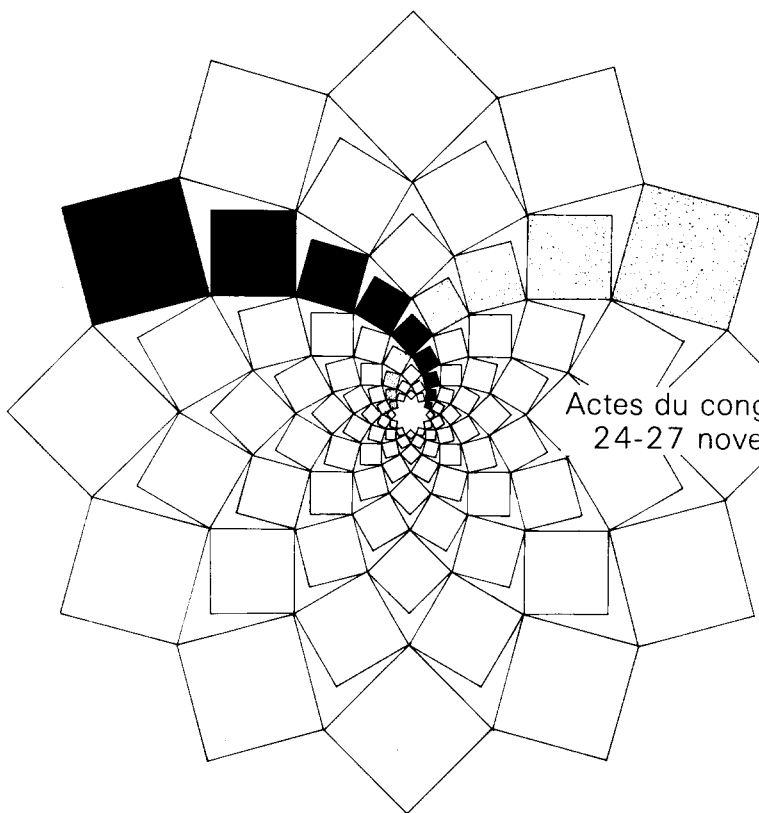


afcet

informatique

**LOGICIEL & MATERIEL
APPLICATIONS & IMPLICATIONS**



Actes du congrès de l'Afcet
24-27 novembre 1980

ht

EDITIONS HOMMES ET TECHNIQUES

MOUVEMENT, IMAGE ET ORDINATEURDessin Animé Assisté par OrdinateurGilbert COMPARETTI ^x

Résumé - Les techniques d'animation par ordinateur ont atteint une certaine maturité ; elles peuvent maintenant rendre des services réels dans le cadre de la production industrielle de films dits "artistiques".

Une première partie analyse les caractéristiques d'un système opérationnel.

La deuxième partie présente les possibilités actuelles du système DAAO.

La dernière partie expose un cas concret d'utilisation du système DAAO dans le cadre d'une collaboration de type industriel avec le cinéma pour la production d'une série de dessins animés pour la télévision : ULYSSE 31.

^xCentre d'Etudes de Limeil, B.P. 27 94190 VILLENEUVE-ST-G.

1. EVOLUTION DE L'ANIMATION PAR ORDINATEUR

Le cinéma par ordinateur sort de l'enfance. En ce qui nous concerne, après seize ans de recherches isolées (un premier système écrit en 1966 avait permis la réalisation d'un film pour l'enseignement)(3), le début de 1980 a vu s'achever de façon satisfaisante la première collaboration industrielle avec le cinéma professionnel dont l'envergure était assez importante pour être convaincante.

Je ne dis pas ceci à l'intention d'éventuels historiens de l'informatique ou du cinéma ; je voudrais seulement mettre en évidence que malgré une longue période de tâtonnements et cette première concrétisation industrielle, le cinéma par ordinateur me semble encore aujourd'hui en pleine évolution. En effet si nous commençons à savoir un peu mieux ce qu'il ne faut pas faire, nous sommes toujours incapables de définir avec précision ce que doit être un bon système de dessin animé assisté par ordinateur.

Et il me paraît plus important et plus bénéfique de parler de cette évolution plutôt que de décrire en détail un système qui malgré l'efficacité dont il a fait preuve est encore bien imparfait.

L'évolution est multiple. Evolution du matériel bien sûr, dans la qualité des images produites et le confort des moyens d'entrée, mais surtout évolution des idées : mieux au fait des aspects techniques et humains du cinéma, l'informaticien ne propose plus de remplacer la main par la machine mais s'efforce de mettre en évidence le potentiel d'enrichissement des moyens d'expression artistique qu'offre l'ordinateur.

2. LA MAIN OU LE PROGRAMME ?

Les idées qui président à la définition des systèmes oscillent entre deux pôles, entre deux manières d'aborder le problème. Tantôt l'accent est mis sur l'aspect manuel plus proche des habitudes, tantôt c'est l'aspect programme, plus près de la machine, qui devient prépondérant. Essayons d'analyser les avantages et les inconvénients de ces deux méthodes en ce qui concerne l'espace des formes d'une part et le temps ou rythme d'autre part.

2.1. La Forme

2.1.1. Les dessins manuels

L'artiste, face à une console, dessine sur une tablette, l'ordinateur faisant essentiellement de l'interpolation. Cette méthode obtient généralement un certain succès car elle présente des avantages que l'on peut qualifier de "démagogiques".

- l'artiste dessine d'une façon presque naturelle.
- on reste proche des techniques classiques.
- les logiciels à écrire sont simples.

Mais il y a des inconvénients :

- l'ordinateur n'intervient que pour une tâche mineure (les intervalles).

- la texture du trait est perdue (gros reproche des dessinateurs).
- on ne peut espérer autre chose de ce procédé qu'une facilité, un gain de temps et un aspect publicitaire de courte durée.

C'est la technique utilisée avec succès par Peter FOLDES qui semble en avoir fait le tour justement en quatre films. Utiliser la même technique, c'est courir le risque de faire "du Foldes".

2.1.2. Les formes programmées

C'est une approche mathématique. L'ordinateur est programmé pour fournir tel type de courbe ou de surface ou de volume et tel type de déformation. Les dessins sont générés par l'ordinateur avec parfois appel au hasard. On est ici en présence d'un domaine nouveau pour l'exploration duquel l'expérience et les références sont insuffisantes. Il y a deux inconvénients majeurs :

- système général difficile à concevoir,
- accès réservé aux artistes-mathématiciens-informaticiens (cela fait beaucoup de qualités).

Mais de grands avantages :

- accès à toutes les possibilités de l'ordinateur,
- accès à la beauté des formes mathématiques en mouvement,
- accès à des images trop complexes pour la main humaine,
- limites du domaine d'application inconnues aujourd'hui.

C'est ici qu'il faut placer les films de Lillian SCHWARTZ dont certaines créations sont parfois difficiles mais dont l'oeuvre ne pourrait se concevoir sans l'ordinateur (7).

2.2. Le rythme

2.2.1. Le rythme manuel

La définition manuelle du rythme consiste à définir un instant-clé pour chaque position-clé. La machine interpole le mouvement et le rythme à partir de ces instants et de ces positions clés. Les avantages sont analogues à ceux du dessin manuel :

- accès facile, utilisation proche du dessin animé classique,
- solutions techniques séduisantes (technique des squelettes),
- logiciel simple à définir et à réaliser,
- les mouvements très lents bénéficient d'une régularité incomparable (film "Le Visage" de Foldes).

L'inconvénient majeur de cette façon de définir le mouvement par des positions clés vient du fait que l'animateur contrôle mal ce qui se passe entre deux positions clés. Les algorithmes d'interpolation non linéaires possèdent toujours une personnalité capricieuse. Ici il est nécessaire de distinguer les techniques de TRANSFOR-

MATION que Foldes a largement utilisées, des techniques d'ANIMATION que par exemple Walt Disney a popularisées. La transformation par interpolation linéaire s'adapte parfaitement à l'ordinateur, mais son domaine d'application est très restreint. Au contraire, l'animation type W. Disney a un vaste champ d'application mais s'adapte très mal à un processus mécanique.

En fait le problème des intervalles est un faux problème. Lorsqu'on analyse un dessin animé classique, on constate que la proportion de dessins qui auraient pu être déduits mécaniquement est très faible et ne justifie pas la mise en oeuvre de l'informatique. L'algorithme de calcul de dessins intermédiaires est moins "sensible" que l'intervalliste* humain. Ce dernier tire le maximum de possibilités créatrices de la contrainte de dessiner 24 dessins par seconde de mouvement. Pour un bon animateur tous les dessins deviennent des dessins-clés. L'exemple banal du bras de POPEYE est une bonne illustration de ce fait (fig. 4).

Il est toutefois un domaine où l'interpolation peut rendre des services, c'est celui des génériques. Ici l'ordinateur dépasse en possibilités de mouvement celles des meilleurs bancs-titres industriels. Mais il ne s'agit plus alors d'animation au sens de "faire vivre" ; il s'agit plus modestement de "faire bouger", de "déplacer" des lettres et d'autres figures schématiques. Dès lors des mouvements simples, faciles à programmer seront satisfaisants pourvu qu'ils soient "spectaculaires".

2.2.2. Le rythme programmé

On ne demande plus à la machine d'interpoler entre des instants donnés, mais d'enchaîner des durées. Les mouvements sont décrits par des équations parfaitement précises et prévisibles que l'ordinateur doit enchaîner harmonieusement. Mêmes défauts et mêmes qualités que les dessins programmés :

- mise en oeuvre difficile,
- accès réservé aux mathématiciens,

mais

- beauté des mouvements mathématiques,
- limites de création immenses et inconnues,
- accès à des espaces non réalistes (perspective curviligne, etc.).

La main ou le programme ? Il est clair que notre faveur va aux techniques mathématiques supérieures par le potentiel d'enrichissement artistique qu'elles possèdent. Cette manière de travailler est toutefois réservée aux artistes mathématiciens. En attendant que cette nouvelle espèce de créateurs soit formée, l'accès aux artistes actuels, dessinateurs purs, doit nécessairement passer par l'intermédiaire des techniques manuelles.

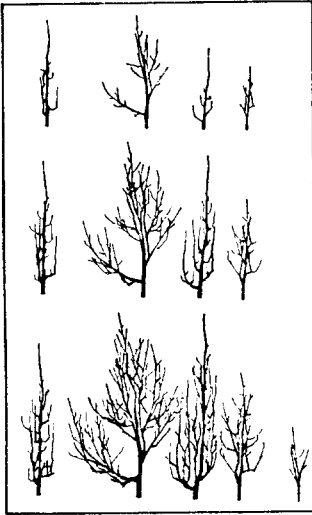
Un système de DAAO viable doit autoriser la mise en oeuvre isolée ou combinée de ces deux méthodes.

* Dans la profession du dessin animé, l'intervalliste est la personne chargée de tracer les dessins intermédiaires entre les dessins clés, fournis par l'"animateur", afin de produire l'illusion d'un mouvement continu.

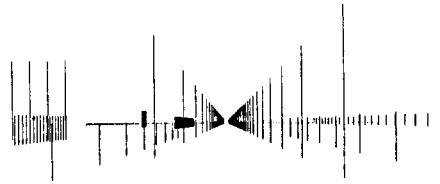
3. EVOLUTION DES LOGICIELS

Dans les premiers codes la distinction entre l'acquisition des formes, l'animation et l'édition des images n'était pas nette. L'animation proprement dite était le parent pauvre, l'ensemble parvenait seulement à faire "bouger" des images.

3.1. Le programme spécialisé



- a) Croissance d'arbres : une loi de croissance combinée avec une génération aléatoire simule visuellement la poussée des arbres. L'animateur n'est pas maître de la forme exacte de l'arbre, il n'en contrôle que l'allure générale.



- b) Route : un décor 3D très simple et un mouvement rectiligne avant donnent à peu de frais l'impression d'un déplacement à grande vitesse sur une route.
- c) Projectiles : des objets géométriques en 3 dimensions viennent en tournoyant de l'infini. Les formes sont programmées, mais ici encore l'envoi des objets, leur vitesse et les rotations sont aléatoires.



- d) Tunnel : décor et mouvement beaucoup plus complexes, parties cachées éliminées. Cet effet de déplacement rapide à l'intérieur d'un tunnel sinueux ne pourrait être obtenu par d'autres moyens que l'ordinateur.

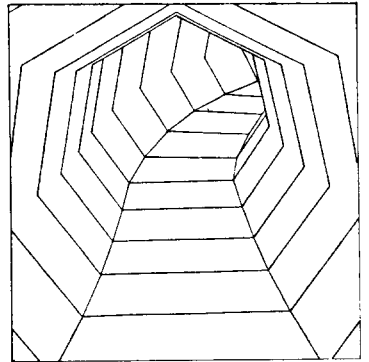


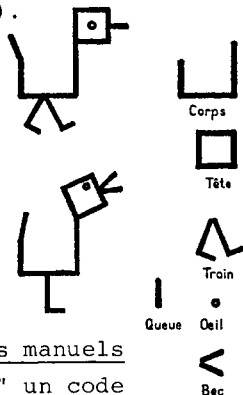
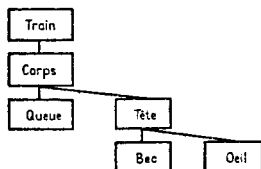
Figure 1 : Images produites par des programmes spécialisés

3.2. Le logiciel général d'animation programmée

L'absence de moyens graphiques interactifs en fait davantage un code de simulation qu'un outil d'animation.

Moniteur d'animation de structure (1966).
Ce système non interactif de formes programmées a permis la réalisation d'un film d'enseignement sonore et en couleurs de 20 minutes. (1)

Ci-contre un exemple des figures hiérarchisées que manipulait le code

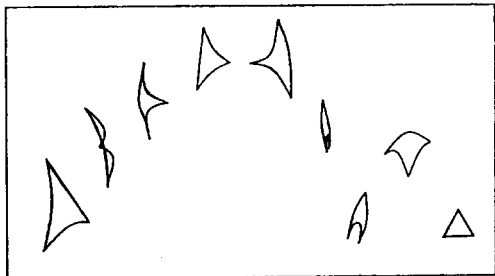


3.3. Le code d'interpolation entre deux dessins manuels

Enrichi de la technique des "squelettes" un code de ce type a permis la réalisation des films de Peter FOLDES (Figure 5) (1).

3.4. Le système graphique interactif

L'apparition des consoles à écran rafraîchi et des tablettes à digitaliser a entraîné la réalisation de systèmes bâtis autour d'une console. L'artiste dessine sur la tablette et visualise le résultat animé sur l'écran.



Système ANNECY (1974) :
bâti autour d'une console IBM 2250, entrée manuelle des dessins par photostyle. (4)

ci-contre : triangle bondissant.
ci-dessous : galop.

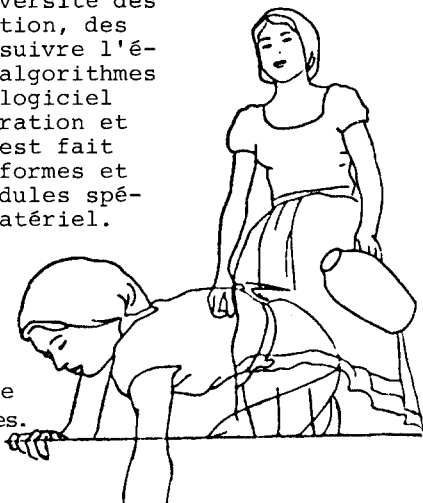


3.5. Le logiciel général indépendant d'un matériel

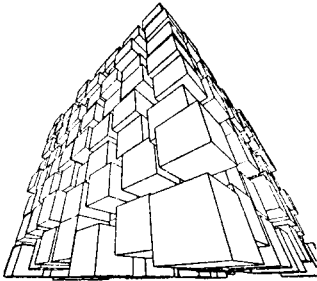
Prévu pour faire face à la diversité des matériels, des styles de création, des méthodes de production, pour suivre l'évolution des techniques, des algorithmes d'animation et d'édition. Le logiciel s'est spécialisé dans la génération et le contrôle du mouvement. Il est fait appel pour l'acquisition des formes et l'édition des images à des modules spécialisés, davantage liés au matériel.

3.5.1. Système DAAO (5)

Ci-contre exemple d'animation en deux dimensions.
Entrée manuelle des dessins clés par tablette. Il y a en moyenne dans cette séquence un dessin-clé pour 8 images générées.

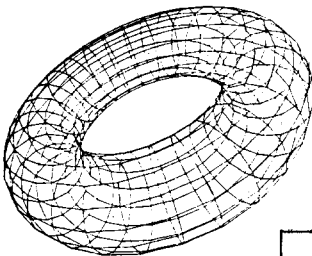
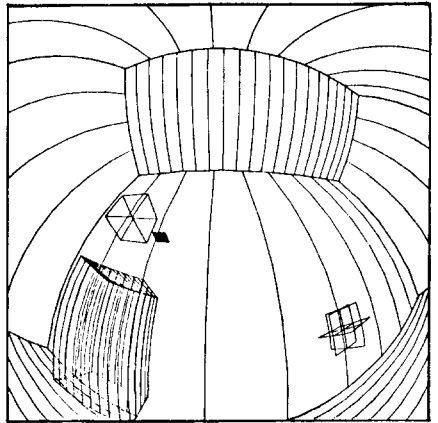


3.5.2. Système DAAO, exemples en 3 dimensions

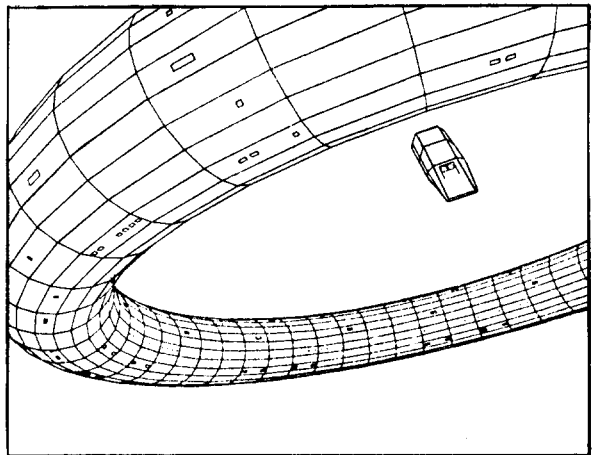


a) Un cube répété 8x8x8 fois par un simple mécanisme utilisant les hiérarchies. Chaque copie du cube a une taille aléatoire. Les parties cachées sont éliminées par un algorithme rapide.

b) Perspective curviligne. Des cages évoluent dans l'espace. Cette séquence doit être projetée à l'aide d'une optique spéciale sur l'écran du procédé PANRAMA constitué par l'intérieur d'une demi-sphère enveloppant les spectateurs.



c) Objet mathématique, mouvement mathématique dans l'espace. Ce tore réalisé en 1968 a inspiré la forme du vaisseau spatial d'ULYSSE 31 ci-dessous.



d) 1980 : ULYSSE 31 - La navette spatiale vient de quitter le vaisseau d'Ulysse...

Figure 3

4. NOTES SUR LE SYSTEME DAAO

4.1. Comme beaucoup de problèmes complexes l'animation par ordinateur se ramène à la mise en oeuvre complexe d'algorithmes simples. Nous disposons maintenant des outils effectuant les opérations de base, tout le problème consiste alors à les appliquer efficacement sur des cas réels, donc complexes.

4.2. Analyse et synthèse de l'animation

DAAO s'appuie sur une analyse détaillée de l'animation menée selon la composante espace et la composante temps du mouvement. Les éléments terminaux de cette analyse se trouvent concrétisés dans une structure de données (aspect machine) et manipulés par un langage (aspect utilisateur).

4.2.1. Analyse du mouvement : un mouvement peut être considéré comme une combinaison arbitraire de déformations et de déplacements.

4.2.2. Analyse spatiale de la scène : une scène peut être considérée comme un ensemble d'éléments liés entre eux par une hiérarchie (la voiture est sur la route, le conducteur est sur la voiture, le chapeau est sur le conducteur).

4.2.3. Analyse temporelle de la scène : comme au théâtre une scène peut être décomposée en plusieurs actions liées par une structure hiérarchique. De plus il existe dans le temps des actions parallèles. On obtient alors une sorte d'arbre à trois dimensions.

4.2.4. Les actions ont une durée relative qui de proche en proche s'évalue par rapport à la durée globale de la scène.

4.2.5. A l'intérieur d'une action les mouvements se déroulent selon un rythme.

4.2.6. La synthèse de ces éléments engendre une action élémentaire : une FORME située en une certaine POSITION se déforme et se déplace selon un certain RYTHME inscrit dans une DUREE.

4.3. L'espace et le temps

L'élément spatial (FORME et POSITION) et l'élément temporel (RYTHME et DUREE) ne sont pas symétriques mais présentent des analogies :

4.3.1. La FORME est définie par rapport à un référentiel qui précise sa POSITION dans l'espace.

4.3.2. Le RYTHME est défini par rapport à une DUREE qui le situe dans le temps (une DUREE est définie ici par l'intervalle entre deux instants).

4.3.3. Les référentiels POSITIONS sont liés entre eux par une hiérarchie ; les DUREES sont liées entre elles par une hiérarchie plus compliquée qui admet des arbres parallèles.

4.3.4. L'élément espace possède une propriété de duplication : un objet plus ou moins complexe peut apparaître, avec des variantes, au même instant en plusieurs endroits (les roues d'une voiture, les personnages d'une foule, etc.).

4.3.5. L'élément temps possède une propriété de répétition : une même action peut se répéter dans le temps avec des variantes (la marche).

4.4. Base de données

Les caractéristiques que nous venons d'énumérer : décomposition en FORME, RYTHME, POSITION, DUREE, définition relative des éléments, articulation hiérarchique des éléments, autorisent la création et l'utilisation de base de données de composants d'animation.

4.5. La main ou le programme ?

Les éléments de base : FORME, POSITION, RYTHME peuvent être donnés soit par la main (interpolations diverses entre des formes-clés, des positions ou des valeurs discrètes de paramètres, associés à des instants), soit calculés par programmes (génération de formes en fonction de paramètres, fonctions diverses).

4.6. Langage DAAO

Il définit et manipule les entités que nous venons d'évoquer : FORMES, POSITIONS, RYTHME, DUREE, ACTION, etc. pour créer la SEQUENCE. Il ne crée pas les formes elles-mêmes, supposées entrées préalablement par des moyens divers dans des librairies de formes ou de programmes. L'effort principal a été mis sur la souplesse d'emploi.

Il existe un élément CAMERA qui peut être manipulé comme les autres et en particulier se déplace (mouvements de caméra) et se déforme (effets de ZOOM).

4.7. Fonctionnement de DAAO

- Un COMPILATEUR construit la structure de données à partir du langage en utilisant éventuellement les bibliothèques.
- Un module ANIMATEUR calcule, à partir de la structure de données, les caractéristiques de l'image correspondant à un instant donné.
- Un module EDITEUR fabrique l'image ayant ces caractéristiques en puisant dans les bibliothèques de formes. Cet EDITEUR n'est pas propre à DAAO. N'importe quel outil d'édition d'images peut être adapté.

5. D.A.A.O. ET L'INDUSTRIE CINEMATOGRAPHIQUE : ULYSSE 31

"ULYSSE 31" est un dessin animé, destiné à la télévision, qui raconte en 26 épisodes de 26 minutes chacun les exploits d'un Ulysse du futur. Ulysse voyage dans le cosmos, ses escales sont les planètes.

Les réalisateurs ont fait appel à l'informatique afin d'obtenir une qualité supérieure pour un coût acceptable. Il s'agissait d'obtenir des évolutions de vaisseaux dans l'espace de la qualité, par exemple, de ceux du film "La Guerre des Etoiles" sans mettre en oeuvre la lourde et coûteuse technique des maquettes. Habituellement les dessins animés pour la télévision tournent la difficulté en ne montrant que des mobiles se déplaçant de profil. L'effet n'est pas le même !

Une difficulté était d'intégrer harmonieusement les éléments fournis par l'informatique aux autres éléments du film, réalisés eux en dessins animés classiques. La démarche suivante a donné satisfaction :

- l'ordinateur fournit, à l'aide d'un traceur, des dessins à l'encre de chine sur papier blanc.
- les dessins sont éventuellement complétés et corrigés à la main.
- les dessins sont reproduits par photocopie sur un support transparent pour fournir des "cellos" classiques.

A ce stade on rejoint le processus normal. Les "cellos" ainsi obtenus peuvent être incorporés aux "cellos" dessinés à la main : gouachés manuellement, ils sont superposés aux personnages et aux décors et filmés sur un banc-titre.

Une difficulté sérieuse est apparue dans la perforation manuelle des tracés obtenus. Mal résolu au début, ce problème a perturbé la qualité du premier épisode.

6. LES IMPERATIFS DE L'INDUSTRIE

Impératifs qu'une collaboration de plus d'un an nous a permis de dégager. Par ordre d'importance décroissante, ce sont :

- donner une plus-value au produit par la qualité et l'originalité.
- respecter les délais de la production. Ici "time is money".
- ne pas dépasser les prix habituels, si possible les réduire.

La qualité dépend des possibilités du système informatique et du savoir-faire de l'équipe animateur-informaticien et réalisateur.

Le coût, dans le processus d'obtention d'une image par ordinateur, dépend principalement de la phase finale d'édition. Un plan de quelques secondes contient plusieurs centaines d'images qui, agrandies, se succèdent rapidement sur l'écran. Pour obtenir une image-écran stable et de bonne qualité, il faut disposer lors de l'édition d'un matériel parfait. Ce grand nombre d'images de grande qualité rendant le produit cher, il est nécessaire de tirer le meilleur parti des particularités de l'image cinéma. Les algorithmes doivent profiter du fait que les images successives sont très peu différentes. De même un algorithme d'élimination des parties cachées imparfait mais rapide sera économiquement préférable à un algorithme parfait mais coûteux. Dans le cadre d'ULYSSE 31 une légère retouche manuelle qui ne perturbait pas le travail de l'équipe d'animation s'est révélée avantageuse.

Les délais dépendent de l'efficacité du dialogue informaticien/cinéaste et du dialogue homme/machine. Cet impératif des délais à respecter s'est révélé rapidement le point délicat de l'opération ULYSSE 31. Dès le début le système DAAO, contrairement à notre espérance, apparut davantage être un système de simulation pour films scientifiques plutôt qu'un moyen d'expression artistique.

Ce défaut a nécessité une adaptation permanente du système à mesure que se précisait notre compréhension des désirs du réalisateur.

Or toute oeuvre artistique contient de la nouveauté. La facilité d'adaptation continue du système doit être considérée comme un des impératifs opérationnels.

7. EN MATIERE DE CONCLUSION...

Les quelques systèmes d'animation par ordinateur qui existent aujourd'hui seront vite dépassés par l'évolution qu'entraînera la réalité des réalisations industrielles. Nous entrevoyons les possibilités très riches de systèmes encore plus engagés dans l'informatique sans être capables de les définir avec précision et surtout sans savoir comment les mettre à la portée des cinéastes.

Une attitude sage semble être de se réfugier dans la modularité poussée des composants du système. Cette modularité seule permettra la souplesse d'évolution indispensable. De plus un système viable, c'est à dire rapidement adaptable à toute situation nouvelle, doit être indépendant du type et de la taille de l'ordinateur utilisé. Il sera donc écrit en Fortran, en Basic ou en Pascal.

L'intérêt des producteurs de films maintenant éveillé, il s'agit de ne pas le décevoir. Cela demandera beaucoup de compétence et d'imagination aux informaticiens pour réaliser des systèmes à la fois souples, puissants et économiques. On peut, pour conclure, affirmer que l'avenir proche du cinéma par ordinateur est entre les mains des informaticiens/cinéastes et des cinéastes/informaticiens.

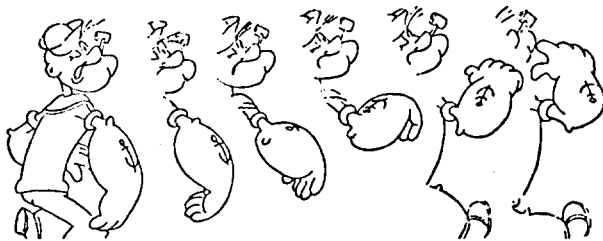
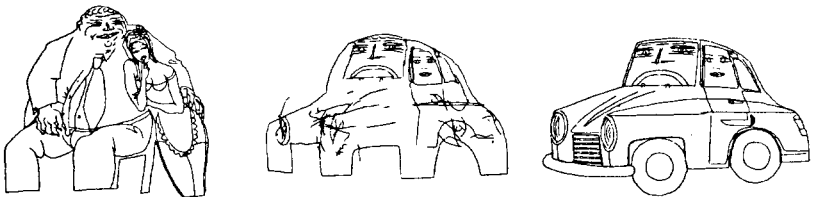


Figure 4 : intervalles successifs d'une animation à la main du bras de POPEYE par Henry LACAM. Exemple d'une animation classique dépassant les possibilités de la machine. Chaque intervalle est en réalité un dessin-clé.

Figure 5, ci-dessous : images du film LA FAIM de Peter FOLDES réalisé par transformations successives.



BIBLIOGRAPHIE

- (1) N. BURTONYK and M. WEIN : Interactive skeleton techniques for enhancing motion dynamics in key frame animation ; Com. on the ACM, Vol. 19, N° 10, Octobre 1976.
- (2) E. CATMULL : The problem of computer-assisted animation ; New York Institute of Technology, N° 3, août 1978.
- (3) G. COMPARETTI : Essai de définition d'un moniteur d'animation de structures ; C.E.A., Centre d'Etudes de Limeil, R.I.R.O. 1ère année n° 6, 1967.
- (4) G. COMPARETTI : ANNECY : Un système d'animation par ordinateur ; C.E.A., Centre d'Etudes de Limeil, Note Technique, novembre 1974
- (5) G. COMPARETTI : D.A.A.O. : Un système de dessin animé assisté par ordinateur ; Journée d'étude "Systèmes informatiques d'aide à la production de film", Ecole Polytechnique, avril 1977
- (6) A. KITCHING : Computer animation with antics ; Medical and Biological Illustration , 1975, 25, 223-230.
- (7) Lillian F. SCHWARTZ and Charles B. RUBINSTEIN : Film-making with computer ; Interdisciplinary Science Reviews, Vol. 4, N° 4, 1979.