



HAL
open science

Vers une intégration des systèmes graphiques et audiovisuels

Gilles Kuntz

► **To cite this version:**

Gilles Kuntz. Vers une intégration des systèmes graphiques et audiovisuels. Autre [cs.OH]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1989. Français. NNT: . tel-00010622

HAL Id: tel-00010622

<https://theses.hal.science/tel-00010622>

Submitted on 13 Oct 2005

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

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

TU
4422

THESE

présentée par

Gilles KUNTZ

▽△▽△▽△▽△▽△

Vers une Intégration des Systèmes Graphiques et Audiovisuels

▽△▽△▽△▽△▽△

**Pour obtenir le titre de Docteur
de l'Université Joseph Fourier - Grenoble I
(arrêté ministériel du 5 juillet 1984)**

spécialité INFORMATIQUE

Thèse soutenue le 3 février 1989 devant la commission d'examen:

P.C. Scholl	Président	Professeur à l'UJF-Grenoble I
M. Lucas	Rapporteur	Professeur à l'ENSM de Nantes
F. Martinez	Directeur	Professeur à l'UJF-Grenoble I
B. Miège	Examineur	Professeur à l'U. Stendhal-Grenoble III
J.P. Uhry	Examineur	Chargé de recherches au CNRS
G. Diard	Examineur	Ingénieur

Thèse préparée au sein du Laboratoire ARTEMIS de l'IMAG

UNIVERSITE Joseph FOURIER (GRENOBLE I)

Président de l'Université :
M. PAYAN Jean Jacques

Année Universitaire 1987 - 1988

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE SCIENCES ET DE GEOGRAPHIE

PROFESSEURS DE 1ère Classe

ARNAUD Paul	Chimie Organique
ARVIEU ROBERT	Physique Nucléaire I.S.N.
AUBERT Guy	Physique C.N.R.S
AURIAULT Jean-Louis	Mécanique
AYANT Yves	Physique Approfondie
BARBIER Marie-Jeanne	Electrochimie
BARJON Robert	Physique Nucléaire ISN
BARNOUD Fernand	Biochimie Macromoléculaire Végétale
BARRA Jean-René	Statistiques-Mathématiques Appliquées
BECKER Pierre	Physique
BEGUIN Claude	Chimie Organique
BELORISKY Elie	Physique
BENZAKEN Claude	Mathématiques Pures
BERARD Pierre	Mathématiques Pures
BERNARD Alain	Mathématiques Pures
BERTRANDIAS Françoise	Mathématiques Pures
BERTRANDIAS Jean-Paul	Mathématiques Pures
BILLET Jean	Géographie
BOELHER Jean-Paul	Mécanique
BONNIER Jane Marie	Chimie Générale
BOUCHEZ Robert	Physique Nucléaire ISN
BRAVARD Yves	Géographie
CARLIER Georges	Biologie Végétale
CAUQUIS Georges	Chimie Organique
CHARDON Michel	Géographie
CHIBON Pierre	Biologie Animale
COHEN ADDAD Jean-Pierre	Physique
COLIN DE VERDIERE Yves	Mathématiques Pures
CYROT Michel	Physique du Solide
DEBELMAS Jacques	Géologie Générale
DEGRANGE Charles	Zoologie
DEMAILLY Jean-Pierre	Mathématiques Pures
DENEUVILLE Alain	Physique
DEPORTES Charles	Chimie Minérale
DOLIQUE Jean-Michel	Physique des Plasmas
DOUCE Roland	Physiologie Végétale
DUCROS Pierre	Cristallographie
FONTAINE Jean-Marc	Mathématiques Pures
GAGNAIRE Didier	Chimie Physique
GERMAIN Jean-Pierre	Mécanique,
GIRAUD Pierre	Géologie
HICTER Pierre	Chimie
IDELMAN Simon	Physiologie Animale
JANIN Bernard	Géographie
JOLY Jean-René	Mathématiques Pures
KAHANE André, détaché	Physique
KAHANE Josette	Physique
KRAKOWIAK Sacha	Mathématiques Appliquées

LAJZEROWICZ Jeanine
 LAJZEROWICZ Joseph
 LAURENT Pierre-Jean
 LEBRETON Alain
 DE LEIRIS Joël
 LHOMME Jean
 LLIBOUTRY Louis
 LOISEAUX Jean-Marie
 LUNA Domingo
 MACHE Régis
 MASCLE Georges
 MAYNARD Roger
 OMONT Alain
 OZENDA Paul
 PAYAN Jean-Jacques
 PEBAY-PEYROULA Jean-Claude
 PERRIER Guy
 PIERRARD Jean-Marie
 PIERRE Jean-Louis
 RENARD Michel
 RINAUDO Marguerite
 ROSSI André
 SAXOD Raymond
 SENDEL Philippe
 SERGERAERT Francis
 SOUCHIER Bernard
 SOUTIF Michel
 STUTZ Pierre
 TRILLING Laurent
 VALENTIN Jacques
 VAN CUTSEM Bernard
 VIALON Pierre

Physique
 Physique
 Mathématiques Appliquées
 Mathématiques Appliquées
 Biologie
 Chimie
 Géophysique
 Sciences Nucléaires I.S.N.
 Mathématiques Pures
 Physiologie Végétale
 Géologie
 Physique du Solide
 Astrophysique
 Botanique (Biologie Végétale)
 Mathématiques Pures
 Physique
 Géophysique
 Mécanique
 Chimie Organique
 Thermodynamique
 Chimie CERMAV
 Biologie
 Biologie Animale
 Biologie Animale
 Mathématiques Pures
 Biologie
 Physique
 Mécanique
 Mathématiques Appliquées
 Physique Nucléaire I.S.N.
 Mathématiques Appliquées
 Géologie

PROFESSEURS de 2^{ème} Classe

ADIBA Michel
 ANTOINE Pierre
 ARMAND Gilbert
 BARET Paul
 BLANCHI J.Pierre
 BLUM Jacques
 BOITET Christian
 BORNAREL Jean
 BRUANDET J.François
 BRUGAL Gérard
 BRUN Gilbert
 CASTAING Bernard
 CERFF Rudiger
 CHIARAMELLA Yves
 COURT Jean
 DUFRESNOY Alain
 GASPARD François
 GAUTRON René
 GENIES Eugène
 GIDON Maurice
 GIGNOUX Claude
 GILLARD Roland
 GIORNI Alain
 GONZALEZ SPRINBERG Gérardo
 GUIGO Maryse
 GUMUCHAIN Hervé
 GUITTON Jacques

Mathématiques Pures
 Géologie
 Géographie
 Chimie
 STAPS
 Mathématiques Appliquées
 Mathématiques Appliquées
 Physique
 Physique
 Biologie
 Biologie
 Physique
 Biologie
 Mathématiques Appliquées
 Chimie
 Mathématiques Pures
 Physique
 Chimie
 Chimie
 Géologie
 Sciences Nucléaires
 Mathématiques Pures
 Sciences Nucléaires
 Mathématiques Pures
 Géographie
 Géographie
 Chimie

HACQUES Gérard
 HERBIN Jacky
 HERAULT Jeanny
 JARDON Pierre
 JOSELEAU Jean-Paul
 KERCKHOVE Claude
 LONGEQUEUE Nicole
 LUCAS Robert
 MANDARON Paul
 MARTINEZ Francis
 NEMOZ Alain
 OUDET Bruno
 PECHER Arnaud
 PELMONT Jean
 PERRIN Claude
 PFISTER Jean-Claude
 PIBOULE Michel
 RAYNAUD Hervé
 RICHARD Jean-Marc
 RIEDTMANN Christine
 ROBERT Gilles
 ROBERT Jean-Bernard
 SARROT-REYNAULD Jean
 SAYETAT Françoise
 SERVE Denis
 STOECKEL Frédéric
 SCHOLL Pierre-Claude
 SUBRA Robert
 VALLADE Marcel
 VIDAL Michel
 VIVIAN Robert
 VOTTERO Philippe

Mathématiques Appliquées
 Géographie
 Physique
 Chimie
 Biochimie
 Géologie
 Sciences Nucléaires I.S.N.
 Physique
 Biologie
 Mathématiques Appliquées
 Thermodynamique CNRS - CRTBT
 Mathématiques Appliquées
 Géologie
 Biochimie
 Sciences Nucléaires I.S.N.
 Physique du Solide
 Géologie
 Mathématiques Appliquées
 Physique
 Mathématiques Pures
 Mathématiques Pures
 Chimie Physique
 Géologie
 Physique
 Chimie
 Physique
 Mathématiques Appliquées
 Chimie
 Physique
 Chimie Organique
 Géographie
 Chimie

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L' IUT 1

PROFESSEURS de 1^{ère} Classe

BUISSON Roger	Physique IUT 1
DODU Jacques	Mécanique Appliquée IUT 1
NEGRE Robert	Génie Civil IUT 1
NOUGARET Marcel	Automatique IUT 1
PERARD Jacques	EEA. IUT 1

PROFESSEURS de 2^{ème} classe

BGUTHINON Michel	EEA. IUT 1
CHAMBON René	Génie Mécanique IUT 1
CHEHIKIAN Alain	EEA. IUT 1
CHENAVAS Jean	Physique IUT 1
CHOUTEAU Gérard	Physique IUT 1
CONTE René	Physique IUT 1
GOSSE Jean-Pierre	EEA.IUT 1
GROS Yves	Physique IUT 1
KUHN Gérard, (Détaché)	Physique IUT 1
MAZUER Jean	Physique IUT 1
MICHOULIER Jean	Physique IUT 1
MONLLOR Christian	EEA.IUT 1
PEFFEN René	Métallurgie IUT 1
PERRAUD Robert	Chimie IUT 1
PIERRE Gérard	Chimie IUT 1
TERRIEZ Jean-Michel	Génie Mécanique IUT 1
TOUZAIN Philippe	Chimie IUT 1
VINCENDON Marc	Chimie IUT 1

PROFESSEURS DE PHARMACIE

AGNIUS-DELORD Claudine	Physique	Faculté La Tronche
ALARY Josette	Chimie Analytique	Faculté La Tronche
BERIEL Hélène	Physiologie et Pharmacologie	Faculté La Tronche
CUSSAC Max	Chimie Therapeutique	Faculté La Tronche
DEMENGE Pierre	Pharmacodynamie	Faculté La Tronche
FAVIER Alain	Biochimie	C.H.R.G.
JEANNIN Charles	Pharmacie Galénique	Faculté Meylan
LATURAZE Jean	Biochimie	Faculté La Tronche
LUU DUC Cuong	Chimie Générale	Faculté La Tronche
MARIOTTE Anne-Marie	Pharmacognosie	Faculté La Tronche
MARZIN Daniel	Toxicologie	Faculté Meylan
RENAUDET Jacqueline	Bactériologie	Faculté La Tronche
ROCHAT Jacques	Hygiène et Hydrologie	Faculté La Tronche
SEIGLE-MURANDI Françoise	Botanique et Cryptogamie	Faculté Meylan
VERAIN Alice	Pharmacie Galénique	Faculté Meylan

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE MEDECINE

PROFESSEURS CLASSE EXEPTIONNELLE ET 1ère CLASSE

AMBLARD Pierre	Dermatologie	C.H.R.G.
AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie	C.H.R.G.
BEAUDOING André	Pédiatrie-Puericulture	C.H.R.G.
BEZEZ Henri	Orthopédie-Traumatologie	Hopital SUD
BONNET Jean-Louis	Ophthalmologie	C.H.R.G.
BOUCHET Yves	Anatomie	Faculté La Merci
BUTEL Jean	Chirurgie Générale et Digestive	C.H.R.G.
CHAMBAZ Edmond	Orthopédie-Traumatologie	C.H.R.G.
CHAMPETIER Jean	Biochimie	C.H.R.G.
CHARACHON Robert	Anatomie-Topographique et Appliquée	C.H.R.G.
COLOMB Maurice	O.R.L.	C.H.R.G.
COUDERC Pierre	Immunologie	Hopital sud
DELORMAS Pierre	Anatomie-Pathologique	C.H.R.G.
DENIS Bernard	Pneumophthysiologie	C.H.R.G.
GAVEND Michel	Cardiologie	C.H.R.G.
HOLLARD Daniel	Pharmacologie	Faculté La Merci
LATREILLE René	Hématologie	C.H.R.G.
LE NOC Pierre	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	C.H.R.G.
MALINAS Yves	Bactériologie-Virologie	C.H.R.G.
MALLION Jean-Michel	Gynécologie et Obstétrique	C.H.R.G.
MICOUD Max	Médecine du Travail	C.H.R.G.
MOURIQUAND Claude	Clinique Médicale et Maladies Infectieuses	C.H.R.G.
PARAMELLE Bernard	Histologie	Faculté La Merci
PERRET Jean	Pneumologie	C.H.R.G.
RACHAIL Michel	Neurologie	C.H.R.G.
DE ROUGEMONT Jacques	Hépto-Gastro-Entérologie	C.H.R.G.
SARRAZIN Roger	Neurochirurgie	C.H.R.G.
STIEGLITZ Paul	Clinique Chirurgicale	C.H.R.G.
TANCHE Maurice	Anesthésiologie	C.H.R.G.
VIGNAIS Pierre	Physiologie	Faculté La Merci
	Biochimie	Faculté La Merci

PROFESSEURS 2ème CLASSE

BACHELOT Yvan	Endocrinologie	C.H.R.G.
BARGE Michel	Neurochirurgie	C.H.R.G.
BENABID Alim Louis	Biophysique	Faculté La Merci
BENSA Jean-Claude	Immunologie	Hopital Sud
BERNARD Pierre	Gynécologie-Obstétrique	C.H.R.G.
BESSARD Germain	Pharmacologie	ABIDJAN
BOLLA Michel	Radiothérapie	C.H.R.G.
BOST Michel	Pédiatrie	C.H.R.G.
BOUCHARLAT Jacques	Psychiatrie Adultes	Hopital Sud
BRAMBILLA Christian	Pneumologie	C.H.R.G.
CHIROSEL Jean-Paul	Anatomie-Neurochirurgie	C.H.R.G.
COMET Michel	Biophysique	Faculté La Merci
CONTAMIN Charles	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	C.H.R.G.
CORDONNIER Daniel	Néphrologie	C.H.R.G.
COULOMB Max	Radiologie	C.H.R.G.
CROUZET Guy	Radiologie	C.H.R.G.
DEBRU Jean-Luc	Médecine Interne et Toxicologie	C.H.R.G.
DEMONGEOT Jacques	Biostatistiques et Informatique Médicale	Faculté La Merci
DUPRE Alain	Chirurgie Générale	C.H.R.G.
DYON Jean-François	Chirurgie Infantile	C.H.R.G.
ETERRADOSSI Jacqueline	Physiologie	Faculté La Merci
FAURE Claude	Anatomie et Organogénèse	C.H.R.G.
FAURE Gilbert	Urologie	C.H.R.G.
FOURNET Jacques	Hépatogastro-Entérologie	C.H.R.G.
FRANCO Alain	Médecine Interne	C.H.R.G.
GIRARDET Pierre	Anesthésiologie	C.H.R.G.
GUIDICELLI Henri	Chirurgie Générale et Vasculaire	C.H.R.G.
GUIGNIER Michel	Thérapeutique et Réanimation Médicale	C.H.R.G.
HADJIAN Arthur	Biochimie	Faculté La Merci
HALIMI Serge	Endocrinologie et Maladies Métaboliques	C.H.R.G.
HOSTEIN Jean	Hépatogastro-Entérologie	C.H.R.G.
HUGONOT Robert	Médecine Interne	C.H.R.G.
JALBERT Pierre	Histologie-Cytogénétique	C.H.R.G.
JUNIEN-LAVILLAULOY Claude	O.R.L.	C.H.R.G.
KOLODIE Lucien	Hématologie Biologique	C.H.R.G.
LETOUBLON Christian	Chirurgie Générale	C.H.R.G.
MACHECOURT Jacques	Cardiologie et Maladies Vasculaires	C.H.R.G.
MAGNIN Robert	Hygiène	C.H.R.G.
MASSOT Christian	Médecine Interne	C.H.R.G.
MOUILLON Michel	Ophthalmologie	C.H.R.G.
PELLAT Jacques	Neurologie	C.H.R.G.
PHELIP Xavier	Rhumatologie	C.H.R.G.
RACINET Claude	Gynécologie-Obstétrique	Hopital Sud
RAMBAUD Pierre	Pédiatrie	C.H.R.G.
RAPHAEL Bernard	Stomatologie	C.H.R.G.
SCHAERER René	Cancérologie	C.H.R.G.
SEIGNEURIN Jean-Marie	Bactériologie-Virologie	Faculté La Merci
SELE Bernard	Cytogénétique	Faculté La Merci
SOTTO Jean-Jacques	Hématologie	C.H.R.G.
STOEBNER Pierre	Anatomie Pathologique	C.H.R.G.
VROUSOS Constantin	Radiothérapie	C.H.R.G.



Remerciements :

Je tiens à remercier:

- **Pierre-Claude Scholl** pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury. En qualité de Directeur de l'UFR IMA, il a témoigné de sa préoccupation pour la situation des personnels dont il a la charge et a été le catalyseur de la rédaction tardive de cette thèse. Qu'il en soit ici chaleureusement remercié.
- **Michel Adiba** pour avoir bien voulu joué le rôle ingrat de rapporteur et m'avoir ainsi apporté de précieux conseils de rédaction.
- **Michel Lucas** pour avoir accepté d'emblée de juger mon travail. Il n'a pas hésité à effectuer un long déplacement pour participer à mon jury. Je suis heureux que cette circonstance donne l'occasion à ses anciens collègues de Grenoble de lui témoigner notre amitié.
- **Francis Martinez** pour m'avoir accueilli sans hésitation dans son équipe malgré mon passé de chercheur opérationnel. Il m'a laissé toute liberté pour infléchir mes recherches vers un domaine qui me passionne particulièrement.
- **Bernard Miège** pour avoir accepté de participer à mon jury et y apporter le point de vue d'un spécialiste en sciences et techniques de la communication. Puisse cette occasion permettre de jeter les bases d'une collaboration entre nos deux secteurs de recherche !
- **Jean-Pierre Uhry** pour sa participation au jury, mais surtout pour ses qualités maintes fois démontrées d'analyse des problèmes et d'invention de nouvelles méthodologies. Les travaux exposés dans la première partie n'auraient pu déboucher sans sa perspicacité.

- **Guy Diard** pour avoir bien voulu participer à un jury au milieu d'universitaires. Qu'il soit remercié ici pour m'avoir toujours fait profiter de ses compétences en vidéo et en électronique.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans mentionner collectivement tous les membres des équipes de *Recherche Opérationnelle* et de *Graphique et Synthèse d'Images* du Laboratoire ARTEMIS qui ont participé à ces travaux et ont eu à supporter mon caractère parfois difficile.

Ce travail est dédié à mes collègues assistants dans ma situation en espérant qu'il sera un encouragement pour leur faire franchir le pas...

Ces travaux ont été supportés par un contrat de l'Agence de l'Informatique et par une subvention du Centre National de la Cinématographie.

La société Apple-France nous a apporté son soutien par un prêt de matériel.

Introduction

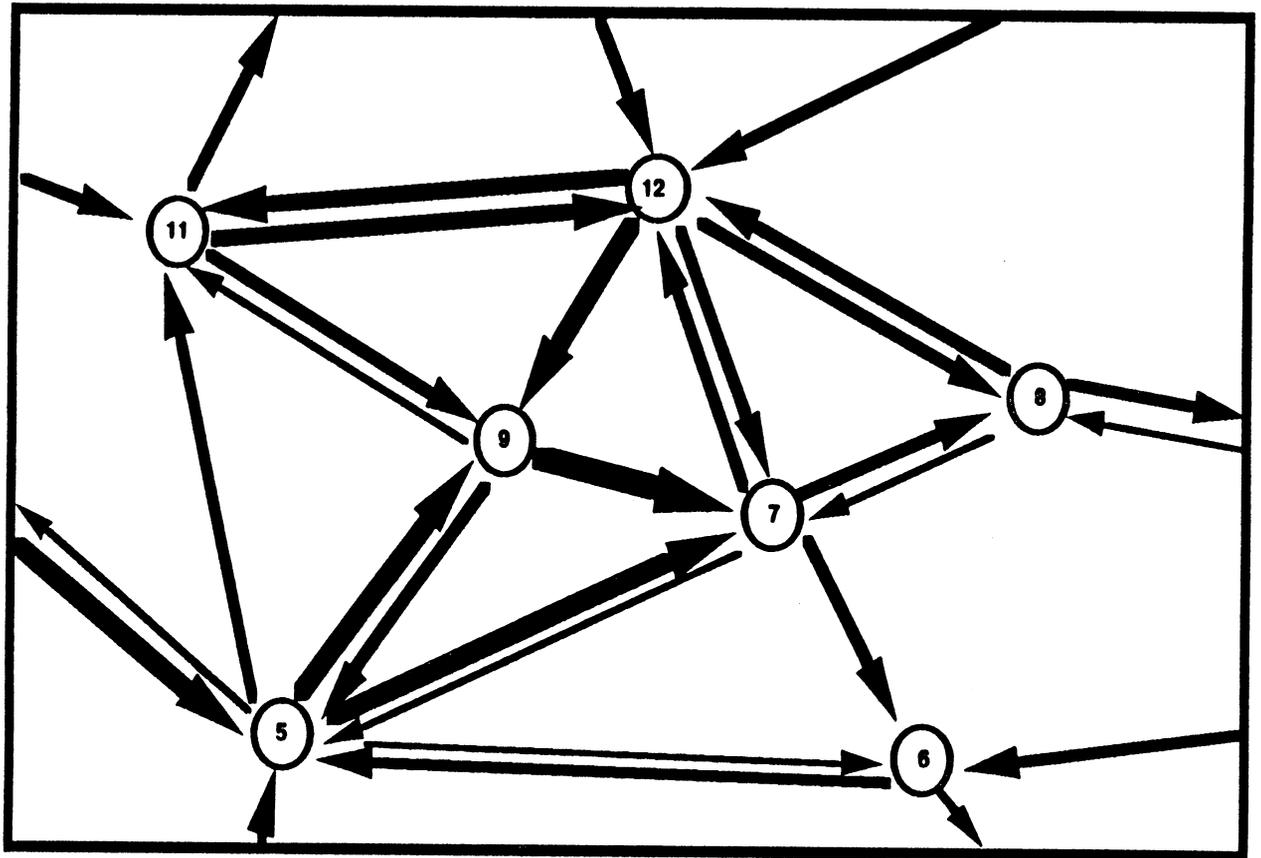
Le travail que nous présentons dans cette thèse a été réalisé au sein de l'équipe Graphique et Synthèse d'Images du laboratoire ARTEMIS.

Il fait suite à une quinzaine d'années de recherches effectuées antérieurement dans l'équipe Recherche Opérationnelle de l'IMAG. Ce rapprochement de deux domaines apparemment éloignés n'est pas si artificiel qu'il y paraît de prime abord.

Les chercheurs opérationnels d'alors avaient perçu l'inefficacité de la conception scientifique, où il suffirait de formuler données et contraintes à l'ordinateur pour obtenir LA solution optimale d'un problème pour peu qu'on lui laisse assez de temps pour explorer intelligemment la combinatoire des solutions possibles. Dès les années 70, l'intérêt des systèmes conversationnels et des terminaux graphiques avait été compris par ces chercheurs pour mettre en place des programmes interactifs où l'ordinateur déchargeait l'homme de calculs fastidieux et présentait à l'utilisateur sous forme graphique les conséquences de ses décisions. Celui-ci était alors mieux à même d'appréhender la complexité des graphiques présentés et de proposer de nouveaux choix à l'ordinateur. Ainsi le couplage homme-machine était-il réalisé de manière optimale, chacun étant utilisé au mieux de ses compétences.

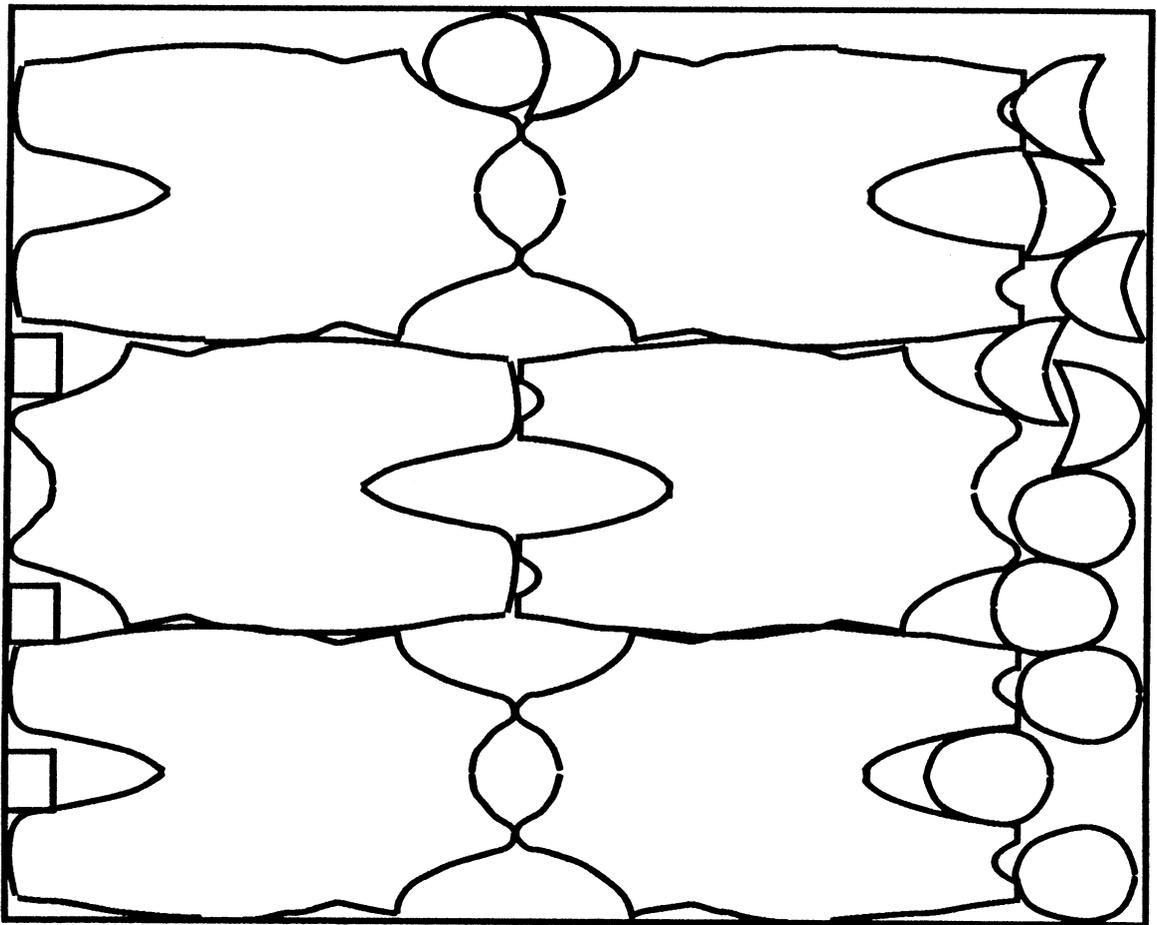
Ce processus de résolution interactive avait été appliqué d'abord à des problèmes de transport comme l'optimisation des tournées de ramassage scolaire [Kuntz-Uhry 73], le test et l'élaboration de l'offre de transport urbain [Kuntz-Ribo 75],... Ces problèmes mal modélisés et aux contraintes floues n'étaient pas susceptibles d'être résolus automatiquement par la machine. La connaissance de l'homme du métier était indispensable pour guider l'ordinateur vers une solution acceptable. L'ambition des auteurs de ces systèmes était de placer l'utilisateur final devant l'écran graphique pour éviter tout intermédiaire pouvant ralentir le processus conversationnel.

Mais la faiblesse des visualisations (pas de couleur, ni de remplissage, mauvaise définition...) et les difficultés d'utilisation de systèmes informatiques pour le moins peu conviviaux (OS 360...) n'ont pu permettre de mener à bien cet objectif. Ces programmes sont restés aux mains des techniciens et les délais d'habillage des résultats pour les présenter aux décideurs ont amoindri l'intérêt de l'interaction.



Réseau de transport urbain

Plus récemment d'autres problèmes combinatoires, pour lesquels un algorithme optimal existait mais était trop lent, ont été résolus par cette approche interactive, comme l'optimisation de la découpe de tissus dans le textile [Kuntz-Uhry 81]. L'amélioration des performances des matériels graphiques et des systèmes informatiques a permis cette fois l'appropriation de l'outil par l'homme du métier, en l'occurrence le placeur-coupeur.



Dimension du module 76.0 par 120.0 Pourcentage de perte 20.5 %

Placement de pièces à découper

Ces quelques exemples montrent bien que, même si les limites des possibilités des machines reculent (grâce en partie à l'apport de l'Intelligence Artificielle), le savoir-faire de l'homme de l'art est pour longtemps irremplaçable. Les difficultés du transfert des connaissances impliquent donc que l'homme du métier soit l'utilisateur direct des systèmes.

Les conséquences de ce principe sont doubles. D'une part, l'utilisation d'interfaces homme-machines évoluées et l'existence de générateurs de telles interfaces facilement reconfigurables sont indispensables pour permettre au concepteur de systèmes informatiques d'adapter son produit aux demandes exprimées par l'utilisateur final dans une indispensable phase d'expérimentation. D'autre part, on voit tout l'intérêt d'offrir à l'utilisateur de systèmes graphiques interactifs des sorties graphiques de haute qualité permettant de reproduire les visualisations habituelles du métier. Certains

domaines comme l'architecture par exemple demandent en plus de visualisations réalistes une production directe de sorties sur papier, diapositives ou vidéo, indispensable pour communiquer facilement les résultats obtenus et servir à des présentations éloignées de la station graphique.

L'industrie de l'audiovisuel n'échappe pas à ces considérations. Il s'agit en effet d'un secteur de l'activité culturelle où la part de création est essentielle. La machine doit certes faciliter cette activité (utilisation des palettes graphiques, des aides à l'animation...), mais elle ne saurait heureusement remplacer le travail de l'artiste. Pourtant des tentatives d'animations automatiques ont été effectuées; les résultats au niveau artistique se sont avérés décevants... D'autres essais dans une activité un peu plus formalisable ont montré aussi l'échec de cette approche pour le montage des films [Bloch 86].

L'objet du travail de cette thèse est d'apporter une contribution au rapprochement de l'informatique et de l'audiovisuel, pour permettre l'utilisation directe des machines audiovisuelles dans les systèmes informatiques.

Une première partie rend compte des enseignements apportés par deux expériences effectuées avec les systèmes graphiques interactifs en Recherche Opérationnelle.

Dans une deuxième partie sont présentées les possibilités des matériels audiovisuels télécommandables, essentiellement magnétoscopes et lecteurs de vidéodisques. L'apport de l'intégration des matériels audiovisuels dans les stations graphiques d'imagerie est ensuite analysé. Enfin le projet Kinésis chargé de l'informatisation du travail du monteur de cinéma est développé.

Première partie

Systemes graphiques interactifs

Cette partie est consacrée à deux expériences d'introduction des systèmes graphiques interactifs dans des domaines très différents.

Un premier travail concerne le métier d'aménageur en transport urbain et a conduit à la réalisation d'un système graphique interactif d'aide à l'élaboration de réseaux de transport.

Le deuxième est l'application de la même approche au problème de la minimisation des pertes de matière lors de la découpe de pièces de formes irrégulières. Le prototype de système de placement PAMPA décrit ici a été repris pour être implanté avec succès dans des secteurs économiques variés afin de résoudre de nombreux problèmes de découpe.

1.1 Système Interactif de Test et d'Elaboration de Réseaux de Transport (SITERT)

SITERT est un projet développé par l'équipe Recherche Opérationnelle du laboratoire IMAG entre 1975 et 1978 en collaboration avec l'Institut de Recherches des Transports d'Arcueil et le Centre d'Etudes des Transports Urbains de Bagneux. Il se présente comme un outil original pour l'époque de résolution de problèmes liés à l'organisation des transports urbains de personnes, qui utilise une approche "interactive" dans laquelle les connaissances et les capacités de synthèse du technicien des transports se conjuguent avec les capacités d'analyse de l'ordinateur.

Ses principales caractéristiques sont de:

- présenter une grande souplesse d'emploi: l'utilisateur de SITERT doit être un technicien des transports et non un informaticien. Le maniement des données très volumineuses dans ce domaine est tout particulièrement étudié.
- faciliter l'analyse d'une solution grâce au "dialogue homme-machine".
- apporter des améliorations aux modèles de transport existants en les plongeant dans un même environnement.

1.1.1 Etudes de transport :

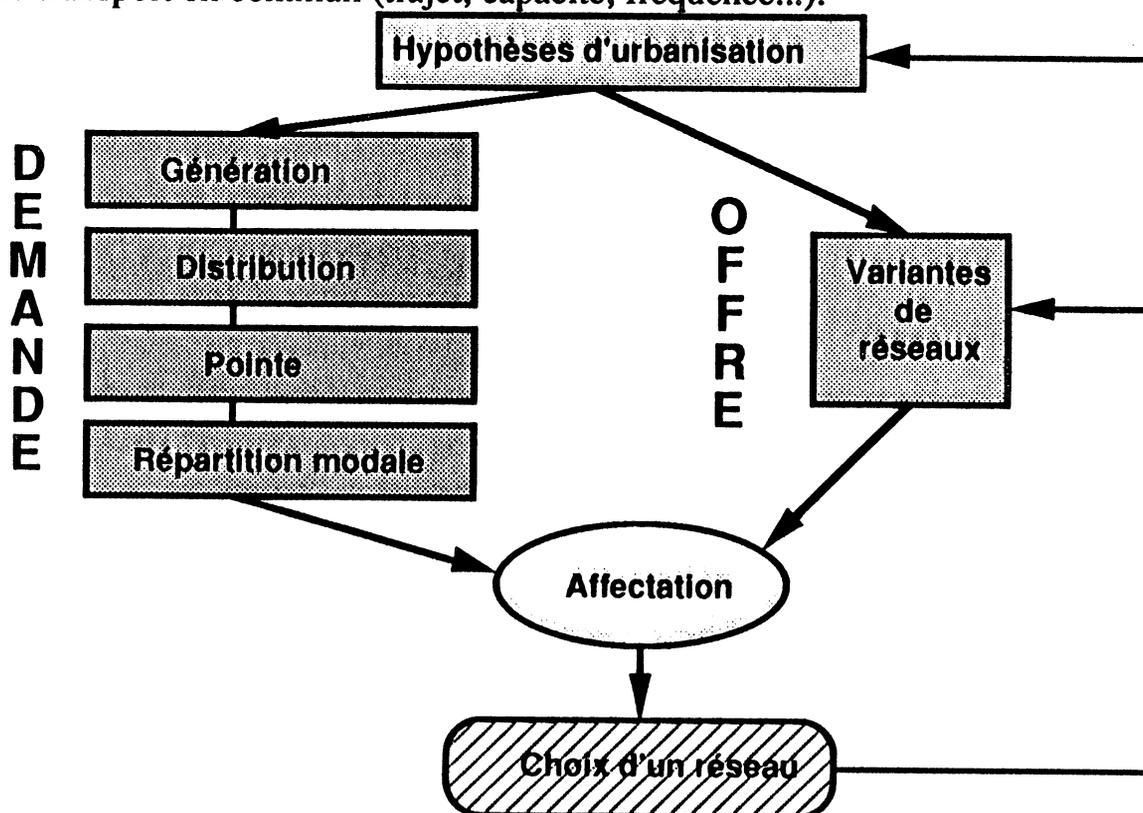
Les études de transport urbain de personnes font appel à trois ensembles de données:

- les données d'urbanisme: regroupées par zones, elles indiquent la population de la zone, les emplois de tous types et les emplois tertiaires. Elles résultent d'enquêtes extrapolées à l'horizon considéré en fonction du Schéma Directeur de l'Agglomération Urbaine (SDAU).
- la demande en transport: il s'agit d'une demande de déplacement de personnes pour aller d'une zone à une autre. Elle est obtenue soit par enquête à grande échelle auprès des ménages, soit par l'utilisation à partir des données d'urbanisme de modèles de génération (entrées et sorties des zones), puis de distribution (affectation inter-zones) , de restriction à l'heure de pointe du soir (la plus critique), enfin de répartition par mode de transport (voiture,

bus, deux roues, marche à pied...)

- l'offre de transport représentée par un réseau de transport: il s'agit d'un ensemble de noeuds et d'arcs modélisant les capacités d'écoulement de la demande de transport précédente. Suivant les modes de transport, le réseau peut avoir différentes interprétations: pour des déplacements en voiture les noeuds sont les centres de zones d'urbanisation et les carrefours, et les arcs représentent la voirie avec ses caractéristiques (débit, nombre de voies, longueur...); pour des déplacements en transport en commun les carrefours sont remplacés par des arrêts (ou stations) et les rues par les tronçons de ligne entre deux arrêts.

D'autres données particulières au mode de transport s'ajoutent aux précédentes suivant les cas: parcs de stationnement ou description des lignes de transport en commun (trajet, capacité, fréquence...).



Synoptique des études de transports

Le travail du technicien de transport consiste, en partant des données d'urbanisme, d'une part à reconstituer la demande en transport (souvent pour un horizon assez éloigné) par les modèles précédents ou par des enquêtes extrapolées, d'autre part à proposer un réseau de transport susceptible de satisfaire la demande. L'utilisation d'un programme d'affectation du trafic

permet ensuite de "charger" le réseau. L'analyse de la demande non satisfaite et des engorgements entraîne des retours arrière pour soit modifier le réseau proposé, soit intervenir directement sur les données d'urbanisme.

Cette méthodologie est typiquement interactive; mais les programmes en traitement par lots de l'époque ne permettaient pas une vitesse d'interaction suffisante; de plus ils généraient un énorme volume de résultats (matrice d'affectation du trafic par exemple) dans lequel il était souvent impossible de retrouver rapidement les informations pertinentes.

1.1.2 Principes de base de SITERT

SITERT a pour but de remédier à la lourdeur de l'interaction manuelle homme-machine en plongeant tous les modèles de transport dans un même environnement interactif.

SITERT offre donc les mêmes possibilités que les moyens classiques: modification de données, utilisation de modèles (avec il est vrai la possibilité d'ajouter des modèles interactifs), obtention de résultats. Simplement ces possibilités sont facilitées par l'environnement interactif qui permet:

- de modifier aisément les données car le système tient compte des relations existantes entre celles-ci.
- d'avoir des ensembles de données compatibles pour tous les modèles.
- de faire exécuter tous les types de modèles classiques ou conversationnels.
- de conserver l'ensemble des résultats et d'obtenir l'information qu'il faut quand il faut.

SITERT a été conçu de manière à satisfaire aux impératifs suivants:

- l'utilisateur n'a rien à connaître en informatique,
- l'utilisateur n'a pas à apprendre un langage spécialisé.

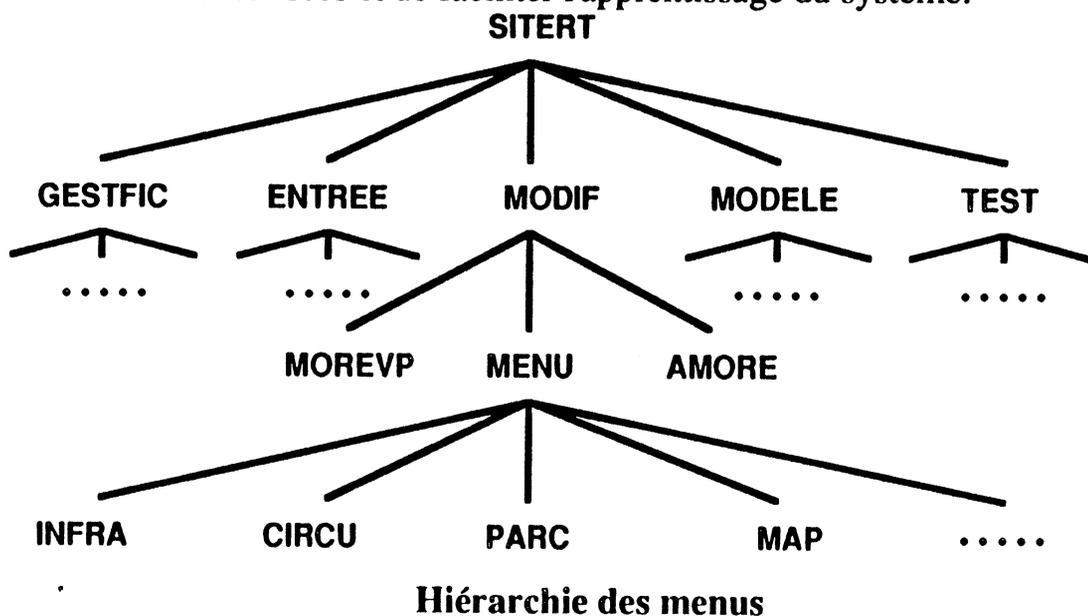
La première contrainte provient de la composition des équipes chargées de la définition de nouvelles infrastructures de transport: ingénieurs, architectes et urbanistes n'ont pas forcément reçu une formation à l'informatique. Pourtant l'utilisation directe de SITERT par ces équipes est primordiale pour tirer le meilleur profit de l'outil informatique.

Le deuxième impératif, qui est en partie une conséquence du premier,

entraîne la réalisation d'un système conversationnel du type questions-réponses en langage clair. Il a fallu enlever de ces dialogues toute référence informatique:

- entrée des données en format libre,
- désignation des fichiers de données sous un nom logique pour l'utilisateur
- contraintes informatiques de gestion des fichiers transparentes pour l'utilisateur. En particulier, la demande du choix d'un fichier n'intervient qu'au moment où l'utilisation d'un modèle le nécessite et non pas au lancement de SITERT comme l'exigeaient les systèmes informatiques d'alors. Au niveau de l'organisation de la session de travail, SITERT offre à l'utilisateur un grand choix de possibilités. Lui laisser le droit de s'en servir à tout moment et dans n'importe quel ordre risque de le "noyer" et d'autre part de ne pas assurer la cohérence des enchainements. Une autre solution lui demandant de préparer avant la session la liste des commandes à exécuter sous forme d'un programme en langage spécialisé d'une part diminue l'interactivité et d'autre part va à l'encontre du principe de l'utilisateur non-informaticien.

La technique retenue a été celle des menus hiérarchiques. Un menu est ici un ensemble de possibilités proposées à l'aménageur à un moment du dialogue. Celles-ci représentent soit une commande soit un autre menu. Ce système de menus, s'il est parfois rigide, permet de ne proposer à l'aménageur que les commandes autorisées et de faciliter l'apprentissage du système.



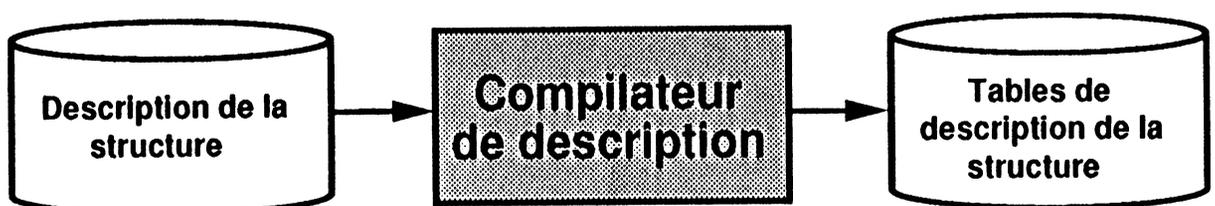
Un autre principe ayant présidé à la conception de SITERT est de recréer l'univers connu du praticien pour faciliter l'appropriation de l'outil. Ceci a pour conséquence l'usage du langage du métier au niveau du dialogue et l'utilisation des modèles classiques de transport avec lesquels l'aménageur a l'habitude de travailler.

Dernière idée de base: SITERT doit être un outil ouvert et facilement reconfigurable. D'une part, l'expérimentation du système va montrer les défauts dans l'architecture des menus; la modification de ceux-ci doit donc être aisée. D'autre part, SITERT se veut un système unificateur permettant d'accueillir tous les modèles classiques de transport ainsi que de nouveaux modèles tirant partie de l'environnement interactif. Il doit donc être ouvert à l'adjonction de nouveaux modules de calcul.

1.1.3 Réalisation et expérimentation

Pour répondre aux impératifs décrits précédemment, il a été prévu dans SITERT une phase préliminaire de description de la structure arborescente des menus et des liens entre programmes et fichiers.

Cette partie, qu'on appellerait aujourd'hui compilation des ressources, n'est à exécuter qu'à chaque reconfiguration de SITERT (réorganisation de l'arborescence des menus, adjonction de modèles...). A partir de la description de la structure, le compilateur génère des tables qui servent lors de l'exécution de SITERT à afficher les menus, à appeler les sous-programmes adéquats, à faire le lien entre programmes et fichiers.



Compilation de la structure du système interactif

La description de la structure comprend deux parties: la première concerne

les menus, la deuxième les liens entre programmes et types de fichiers.

A titre d'exemple l'arborescence présentée au paragraphe précédent se décrit sous la forme suivante:

```
{ description de l'arborescence des menus }
<SITERT>=(<GESTFIC>|<ENTREE>|<MODIF>|<MODELE>|<TEST>);
<GESTFIC>=.....;
<ENTREE>=.....;
<MODIF>=MOREVP<MENU>AMORE;
<MODELE>=.....;
<TEST>=.....;
<MENU>=(<INFRA>|<CIRCU>|<PARC>|<MAP>|.....);;
{ description des liens entre programmes et fichiers }
<TEST>=&RESEAU &DEMANDE &AFFECT;
<MODIF>=&RESEAU $RESEAU;
```

Dans cette description on distingue dans la première partie les entités écrites sous la forme <...>, des noms de sous-programmes (MOREVP , AMORE). Les entités peuvent être simplement placées pour aérer la description ou pour indiquer un choix entre alternatives comme le menu suivant:

```
(<GESTFIC>|<ENTREE>|<MODIF>|<MODELE>|<TEST>)
```

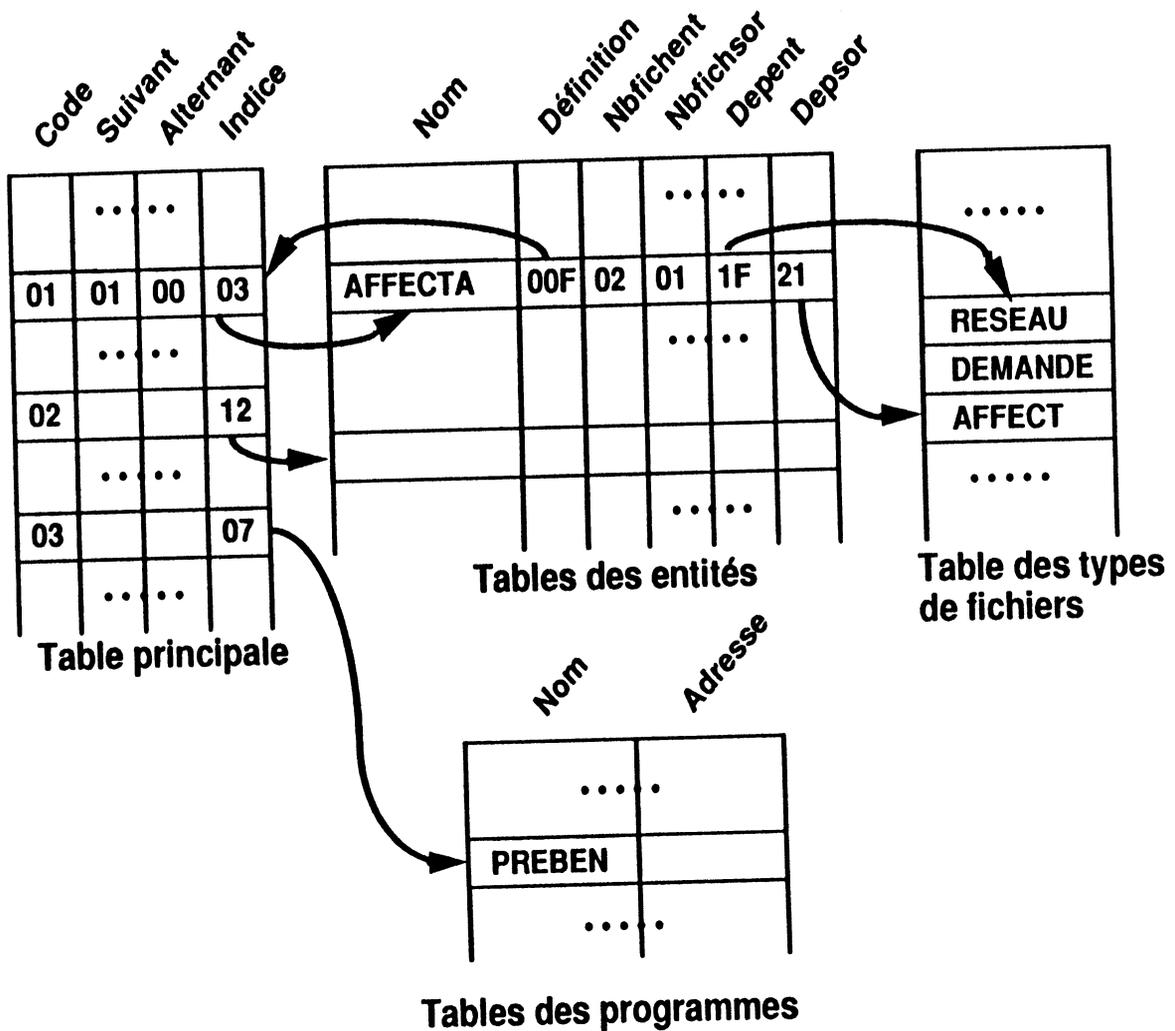
A l'exécution, l'utilisateur devra choisir soit une alternative soit le retour au niveau de menu précédent (ici en fait une sortie de SITERT)

La deuxième partie décrit les types de fichiers à choisir en entrée d'une entité ou à créer en sortie.

Par exemple la ligne:

```
<MODIF>=&RESEAU $RESEAU;
```

indique qu'il faut faire choisir un fichier de type RESEAU avant d'entrer dans <MODIF> et qu'il faut demander le nom d'un nouveau fichier de type RESEAU à créer avant de quitter l'entité <MODIF>.



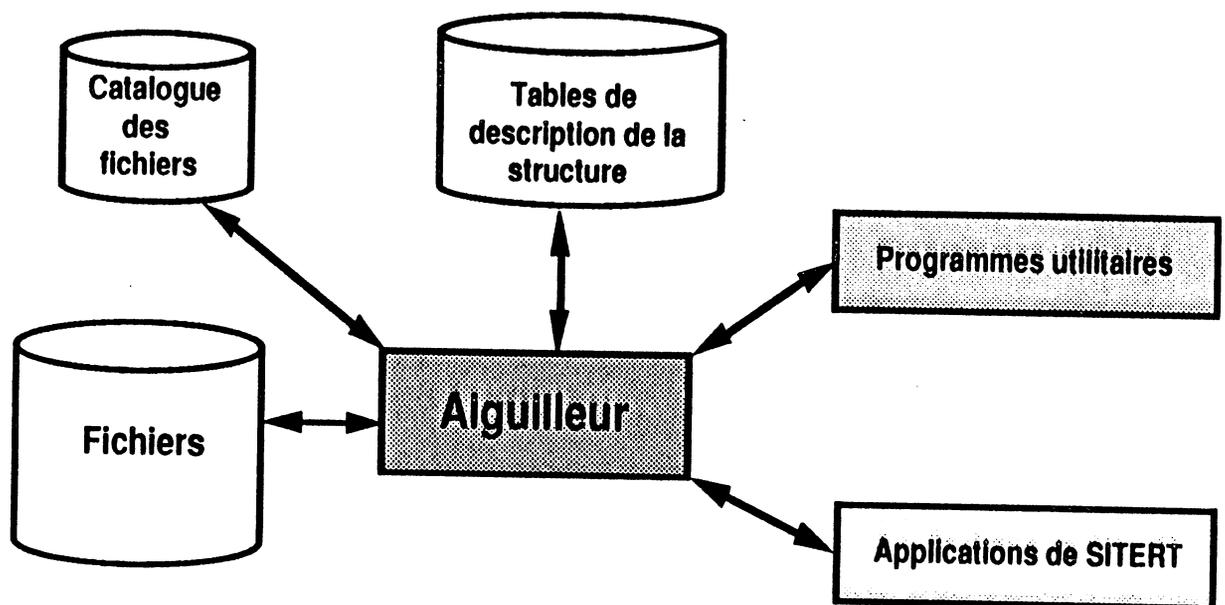
Tables générées par le compilateur

Le compilateur travaille en une seule passe pour générer les tables ci-dessus. La table principale représente le squelette de la structure; les tables annexes précisent les renseignements spécifiques à chaque type d'élément. La table des sous-programmes donne le nom du sous-programme et prévoit un emplacement pour son adresse; celle-ci ne sera remplie évidemment qu'à l'édition de liens avant le début de l'exécution de SITERT. La table des entités indique le début de la définition de l'entité dans la table principale, le nombre de types de fichiers à choisir en entrée et le nombre de types de fichiers à créer en sortie.

La gestion des fichiers a été particulièrement étudiée, car les modèles de transport demandent et génèrent une masse considérable d'informations. Un

catalogue des fichiers est maintenu dans SITERT; il est trié par ville et par type de fichier. Au début d'une session de travail, l'utilisateur est amené à indiquer le nom de la ville étudiée. Ensuite seuls les fichiers concernant cette ville seront proposés à son choix. L'aménageur est aidé par un message de description du fichier qui est demandé lors de la création.

L'exécution de SITERT est sous le contrôle d'un programme appelé *aiguilleur* qui, grâce aux tables précédentes et au catalogue des fichiers, assure la cohérence de l'ensemble des appels et des choix de menus ou de fichiers.



Exécution de SITERT

Les programmes utilitaires ont pour fonction de permettre le choix des fichiers, l'affichage de menus ou de messages, l'entrée d'informations demandées à l'utilisateur. Le programmeur d'application peut utiliser certains programmes utilitaires pour ses affichages ou lectures de renseignements. Ceci assure une plus grande indépendance entre les applications et le matériel informatique utilisé.

Deux implantations de SITERT ont été réalisées à l'IMAG; la première permettait un travail depuis un terminal ordinaire, c'est-à-dire sans affichage graphique; la deuxième utilisait les possibilités graphiques dans un premier temps d'un terminal IBM 2250 à balayage cavalier ensuite d'un terminal Tektronix 4010 à tube-mémoire.

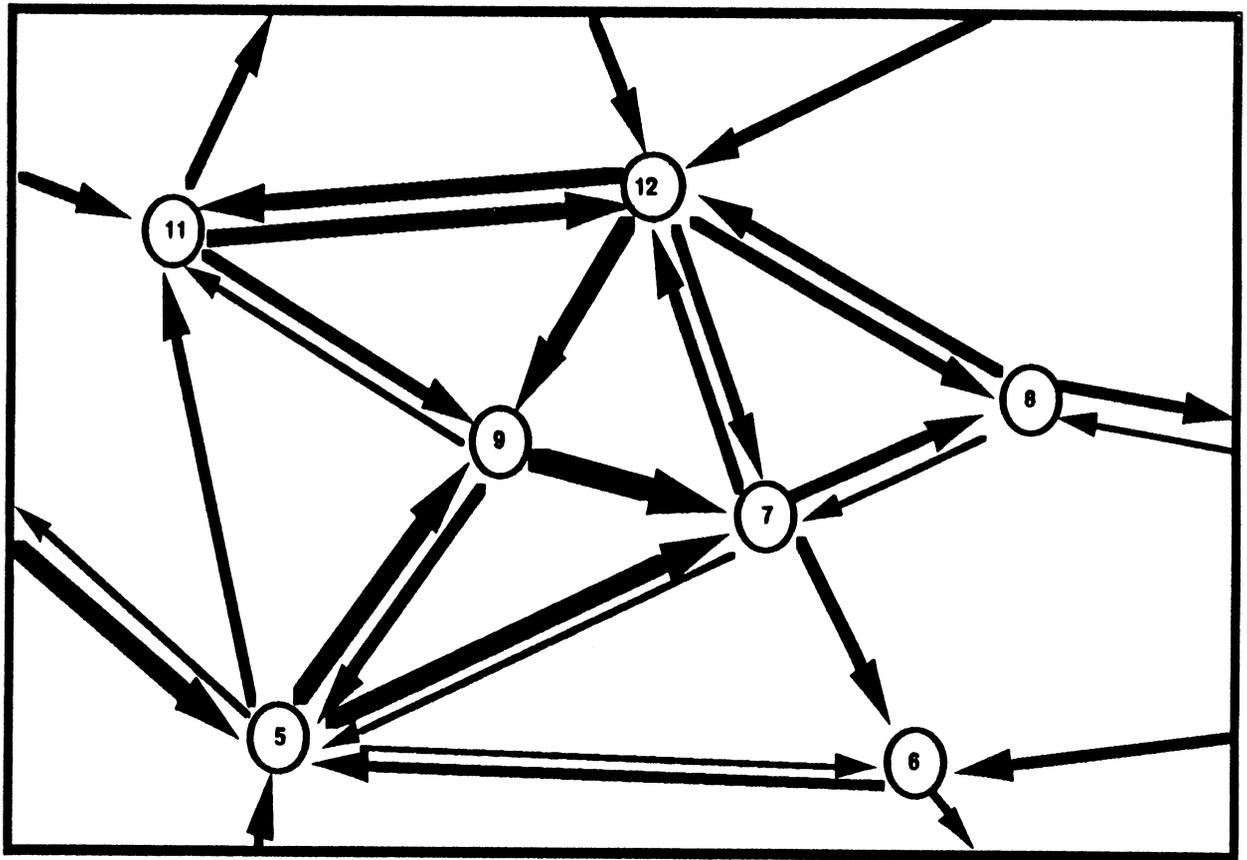
Ce système écrit en Fortran IV a été porté sans difficulté majeure sur plusieurs systèmes d'exploitation: de l'IBM 360/65 sous CP/CMS et OS 360 jusqu'à l'IRIS 80 de l'Institut de Recherches des Transports (IRT).

Les expérimentations que nous avons menées avec SITERT avant son transfert à l'IRT ont pu dégager ses avantages et ses défauts.

L'apport de l'interaction dans le processus d'élaboration et de test de réseaux de transport est tout à fait primordial. Il faut rappeler que les ingénieurs de transport d'alors utilisaient de gros programmes en traitement par lot dont les résultats n'étaient obtenus que sous 24 voire 48 heures. Ceci limitait considérablement le nombre de variantes testées.

La simplification de la gestion des fichiers au strict nécessaire est un atout considérable. Auparavant, l'aménageur avait recours à un informaticien pour préparer les tâches à soumettre à la machine et pour modifier les données.

Mais les lacunes viennent d'une part de la faiblesse des visualisations: les écrans graphiques de l'époque ne permettaient pas par exemple la lecture d'un réseau de plus de vingt nœuds alors qu'une ville moyenne comme Grenoble en comporte plusieurs centaines. D'où le besoin de recourir à des sorties sur traceur en temps différé ralentissant l'interaction.



Vue d'une partie de la charge d'un réseau de voirie

Un autre problème soulevé concerne le manque de logiciel graphique structuré permettant de programmer facilement des applications graphiques interactives. Les logiciels graphiques étaient trop liés au matériel; leur apprentissage pour un non-spécialiste était laborieux. Le transport d'une application graphique sur un autre matériel était difficile car les concepts n'étaient pas maîtrisés. Toute modification d'un programme graphique pour répondre à un souci ergonomique était ainsi laborieuse. Les analystes-programmeurs des centres d'études des transports sont des programmeurs scientifiques n'ayant aucune expérience en graphique. Souvent les quelques applications graphiques existantes étaient réservées aux démonstrations médiatiques.

On peut dire en conclusion que SITERT arrivait trop tôt par rapport au développement des interfaces homme-machine évoluées et aux normes de logiciels graphiques alors dans les limbes.

1.2 Placement Automatique de Modules à Pertes Admissibles (PAMPA)

PAMPA est un système interactif de placement de pièces de formes irrégulières sur un matériau à base rectangulaire en vue de minimiser les pertes lors de la découpe des pièces. Ce problème, soumis initialement en 1979 à l'équipe de Recherche Opérationnelle de l'IMAG par un industriel du textile a été résolu par une méthode originale de placement assisté à l'aide d'une station graphique. Sa résolution a depuis été étendue avec succès à d'autres domaines comme la découpe de tôle par oxycoupage.

1.2.1 Problèmes de découpe et de placement :

La nécessité de l'automatisation des placements dans l'industrie résulte le plus souvent de l'introduction de machines à découper à commande numérique qui exigent une description informatisée des imbrications. Mais même dans le cas de la découpe manuelle traditionnelle et compte-tenu de la baisse du coût et de l'augmentation des performances des matériels informatiques, cette automatisation se justifie économiquement par les réductions de perte qu'elle entraîne. Un chiffre pour fixer l'enjeu économique de ce problème: dans l'industrie de la bonneterie, le coût de la matière première (tricot) représente plus de 40 % du prix de revient de la production. A ce niveau, même un gain de quelques % aura des conséquences importantes sur les résultats de l'entreprise.

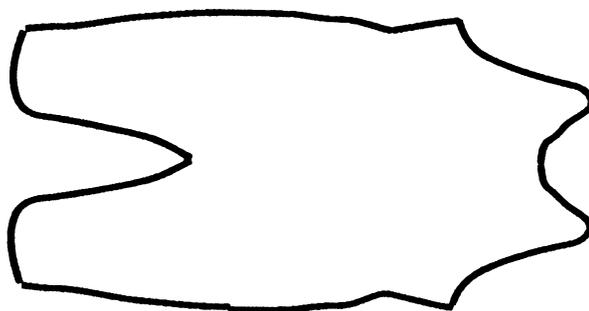
La méthode de placement informatique la plus couramment utilisée consiste à se servir d'un terminal graphique pour simuler une imbrication à l'aide d'images des pièces à placer. Seuls des opérateurs locaux d'aide au placement sont proposés à l'utilisateur. Ce procédé permet d'obtenir d'excellents résultats en économie de matière si l'opérateur est habile et expérimenté. Elle présente l'inconvénient d'être longue et donc impraticable dans le cadre d'une production importante ou d'une découpe en continu. Dans ces cas la production automatique d'imbrications validées ou corrigées par l'opérateur s'impose.

1.2.2 Nouvelle approche du placement

Le processus de production en confection, une fois le tricot fabriqué, est en général le suivant:

- à partir des stocks d'articles, des disponibilités en tricot et des commandes reçues, des ordres de lancement en fabrication sont établis.
- le placeur-coupeur reçoit l'ordre de lancement et le tricot correspondant. Il confectionne alors des matelas de tricot sur lesquels il reporte le dessin des pièces à découper. La largeur de ces matelas de tricot est variable en fonction de la matière et des conditions de fabrication. Ces matelas une fois constitués sont découpés et les pièces ainsi obtenues passent en couture.

C'est dans la phase de constitution du matelas et de placement des pièces à découper de formes complexes que se fait l'essentiel de la perte de matière.



Type de pièce à placer

Les méthodes interactives habituelles de placement ne permettent pas d'assurer une productivité suffisante pour éviter de ralentir la production. De plus ces programmes n'autorisent la constitution des placements qu'une fois l'ordre de lancement connu et cette synchronisation empêche de prendre de l'avance sur le travail de placement dès la collection définie.

Pour résoudre ces difficultés, nous avons décomposé le problème de placement en deux étapes:

- pour un type d'article donné, on constitue des modules élémentaires de placement comprenant de 1 à 4 articles, généralement de même taille. Ces placements sont effectués dans les différentes largeurs possibles du matelas de

tricot dès que le patron de l'article est défini.

- à partir de l'ordre de lancement et du tricot disponible, on sélectionne les modules élémentaires qui sont assemblés automatiquement et matelassés de manière à satisfaire la commande et à minimiser la perte.

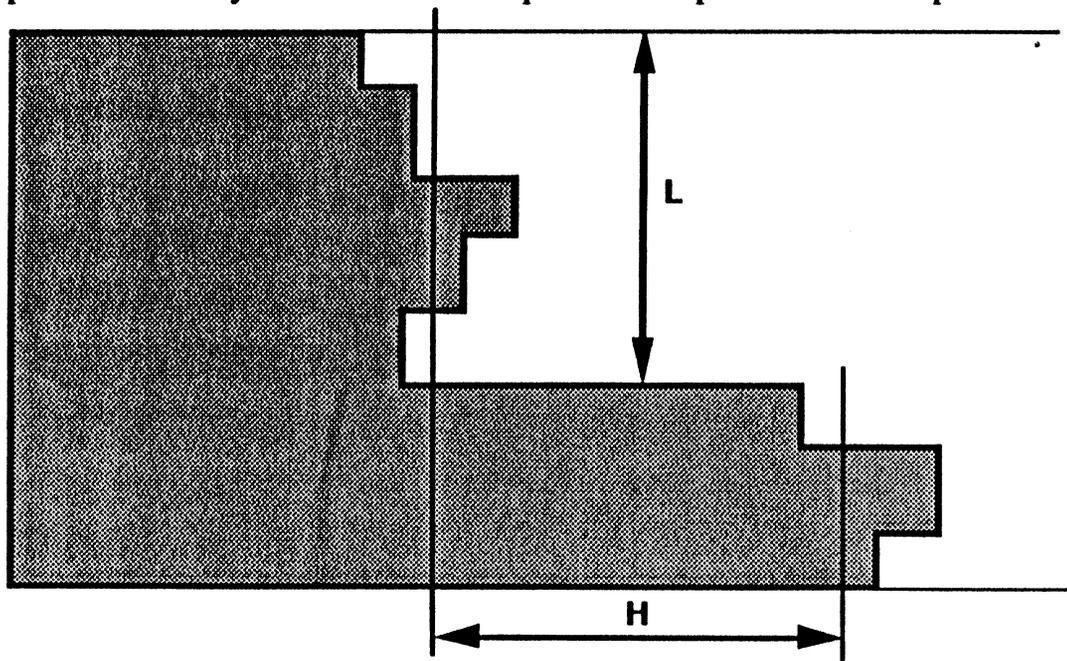
Constitution d'un module élémentaire de placement

Cette étape utilise un terminal graphique, car d'une part les méthodes automatiques de placement n'atteignent pas encore les performances d'un opérateur habile et d'autre part un certain nombre de contraintes liées à la découpe elle-même (rayon minimum, facilité de coupe,...) sont difficilement modélisables alors qu'elles sont facilement prises en compte par le placeur-coupeur qui peut alors retoucher les placements proposés par des procédures interactives de placement manuel ou assisté.

Le placement automatique proposé permet de fournir dans un tiers des cas une bonne solution, en particulier pour les articles comportant peu de pièces. Dans tous les cas il propose une solution originale au placeur qui peut la retoucher légèrement pour arriver à une solution acceptable.

L'algorithme fonctionne en deux phases:

- il recherche par examen du front de placement une bande de tricot à remplir. Les critères de choix de cette bande font intervenir sa largeur L , sa profondeur moyenne H et son adéquation aux pièces restant à placer.



Analyse du front de placement

• il détermine un ensemble de pièces remplissant au mieux la bande. Pour cela on résoud par la programmation dynamique le problème suivant:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max } \sum_j S_j x_j \\ \text{sous les contraintes:} \\ 0 \leq x_j \leq b_j \quad \forall j \\ \sum_j l_j x_j \leq L \end{array} \right.$$

où S_j est la surface de la pièce, b_j le nombre maximum de pièces j restant à placer et l_j la "largeur efficace" de la pièce calculée à partir de sa forme.

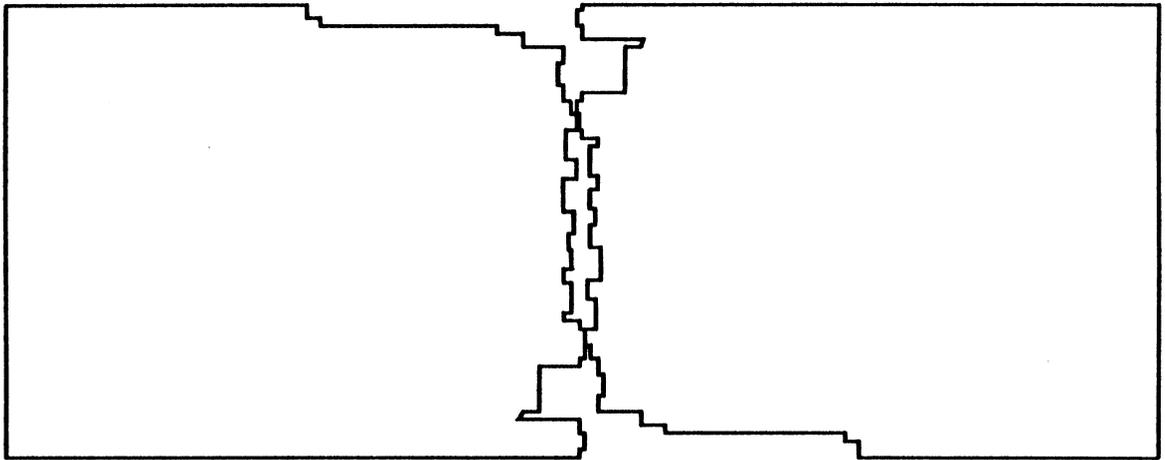
Cette partie de l'algorithme peut être considérée comme la partie stratégique du programme en ce sens que l'on envisage de placer les pièces choisies dans la largeur L mise en évidence, mais que l'on n'est pas sûr d'y parvenir.

• enfin il place les pièces sélectionnées à l'étape précédente sur le matelas. A ce niveau intervient un ensemble de critères sur la forme du front de placement restant après le travail et la minimisation des surfaces considérées comme perdues. C'est la partie tactique de l'algorithme, de toute façon nécessaire dans les procédures interactives où l'opérateur amène la pièce près de la position choisie et demande au programme de la déplacer "au mieux" au voisinage de la position indiquée.

Sélection des modules et matelassage :

A cette étape l'ordre de lancement de production spécifie la quantité D_i à produire de chaque article i et la longueur de tricot disponible L_k dans la largeur k . On doit alors choisir en bibliothèque les modules élémentaires de placement à assembler.

Dans une première phase, on imbrique deux par deux les modules élémentaires constitués à l'étape précédente pour fabriquer des modules dits composites. Les modules élémentaires présentent en effet un bord droit et un bord quelconque. Par rotation et mise bout à bout il est possible de gagner sur la perte des modules élémentaires inscrits dans un rectangle. On sélectionne ainsi une collection de modules composites apportant un gain suffisant.



Module composite

Il reste ensuite à calculer le nombre de modules composites de chaque type à découper pour satisfaire l'ordre de lancement. Pour cela on résoud par la programmation linéaire le programme suivant:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } \sum_j S_j x_j \\ \text{sous les contraintes:} \\ \sum_j a_i^j x_j \geq D_i \quad \forall i \\ \sum_j l_k^j x_j \leq L_k \quad \forall k \\ x_j \geq 0 \end{array} \right.$$

où pour un module j :

S_j représente sa surface

a_i^j indique le nombre d'articles i dans le module

l_k^j est la longueur du module j si k est la largeur nominale, 0 sinon.

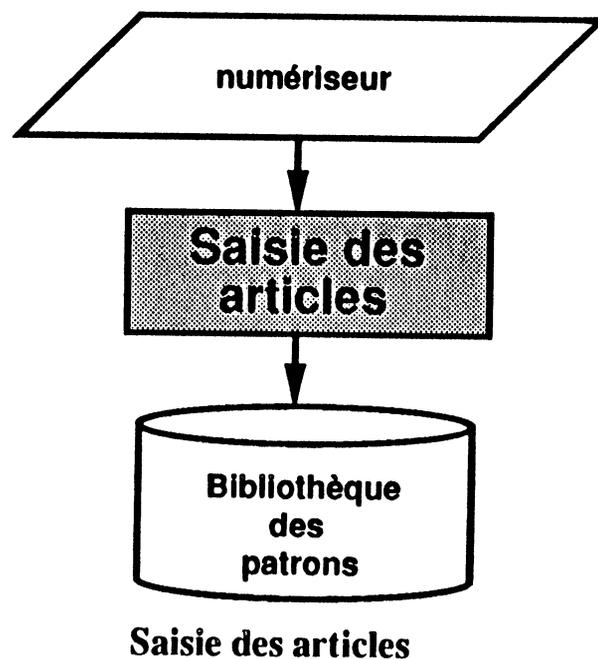
On minimise ainsi la surface totale du tricot utilisée en respectant les demandes des articles et la disponibilité en tricot.

Cette deuxième étape de l'algorithme est entièrement automatisée et fournit directement en production les plans de découpe sur traceur à reporter sur le matelas.

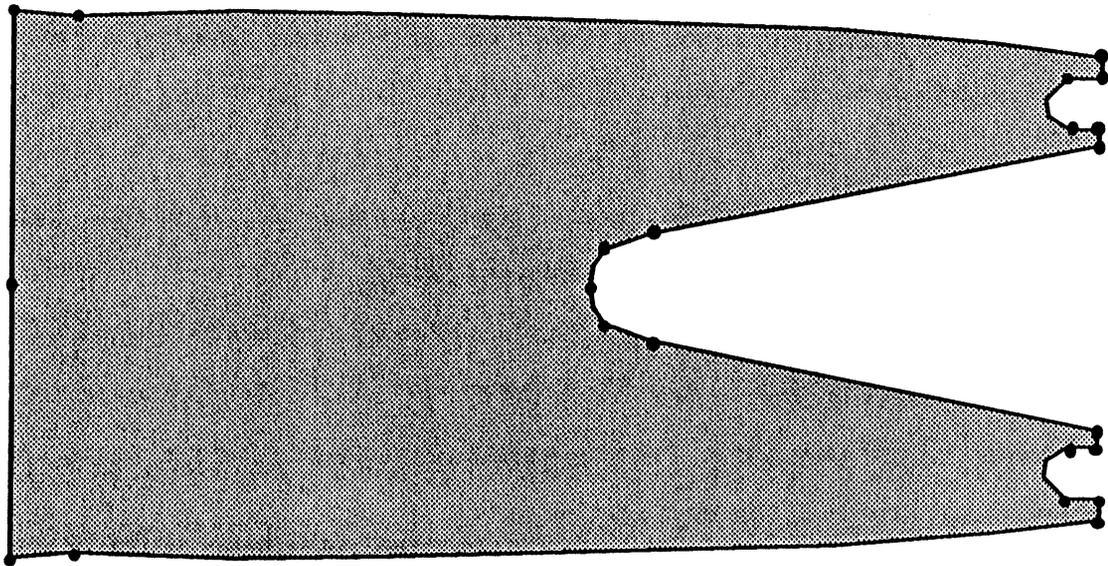
1.2.3 Description du système PAMPA et conclusions

Le système PAMPA a d'abord été testé sur un calculateur HB 68, puis porté sur divers mini-calculateurs sur les sites industriels.

La première partie concerne la saisie des articles ou pièces à placer. Dans le cas de l'industrie mécanique, cette description peut être fournie par un fichier donnant la forme de la pièce dans le langage des machines de découpe à commande numérique. Dans l'industrie textile, la définition des formes des modèles de la collection est faite par des stylistes qui dessinent directement des patrons. Ceux-ci sont ensuite entrés en machine par l'intermédiaire d'un numériseur pour être stockés dans une bibliothèque des articles et des vêtements donnant pour chaque taille la liste des articles nécessaires, leur forme et leur nombre par vêtement.



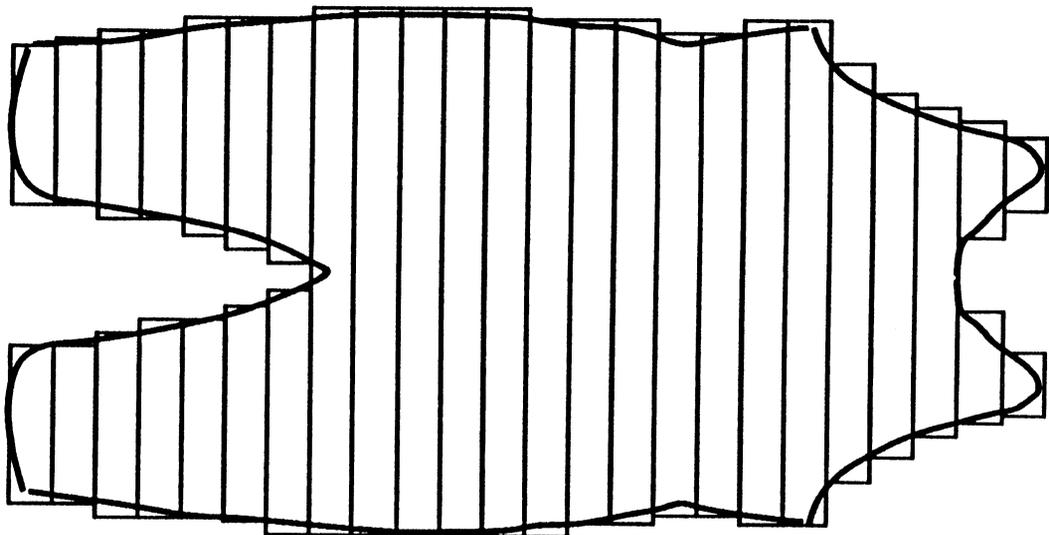
Le programme de saisie permet d'aider l'opérateur en lui proposant de relier deux points saisis non seulement par des segments de droites mais aussi par des courbes mathématiques (Bézier ou B-splines). Il autorise également le report automatique d'une partie symétrique. Ainsi la saisie d'une pièce complexe comme celle de l'exemple suivant nécessite à peine la désignation d'une dizaine de points.



Description d'un article pour le tracé

La description des articles sous forme de leur contour est conservée en bibliothèque pour permettre le tracé final avant découpe.

Mais une des originalités de PAMPA concerne la représentation des articles pendant le placement. Pour éviter de longs calculs d'intersection de contours polygonaux, l'algorithme de placement utilise une représentation des articles en bandes de largeur paramétrable (pour le textile, au vu de la précision demandée, des bandes de 5 mm sont suffisantes).

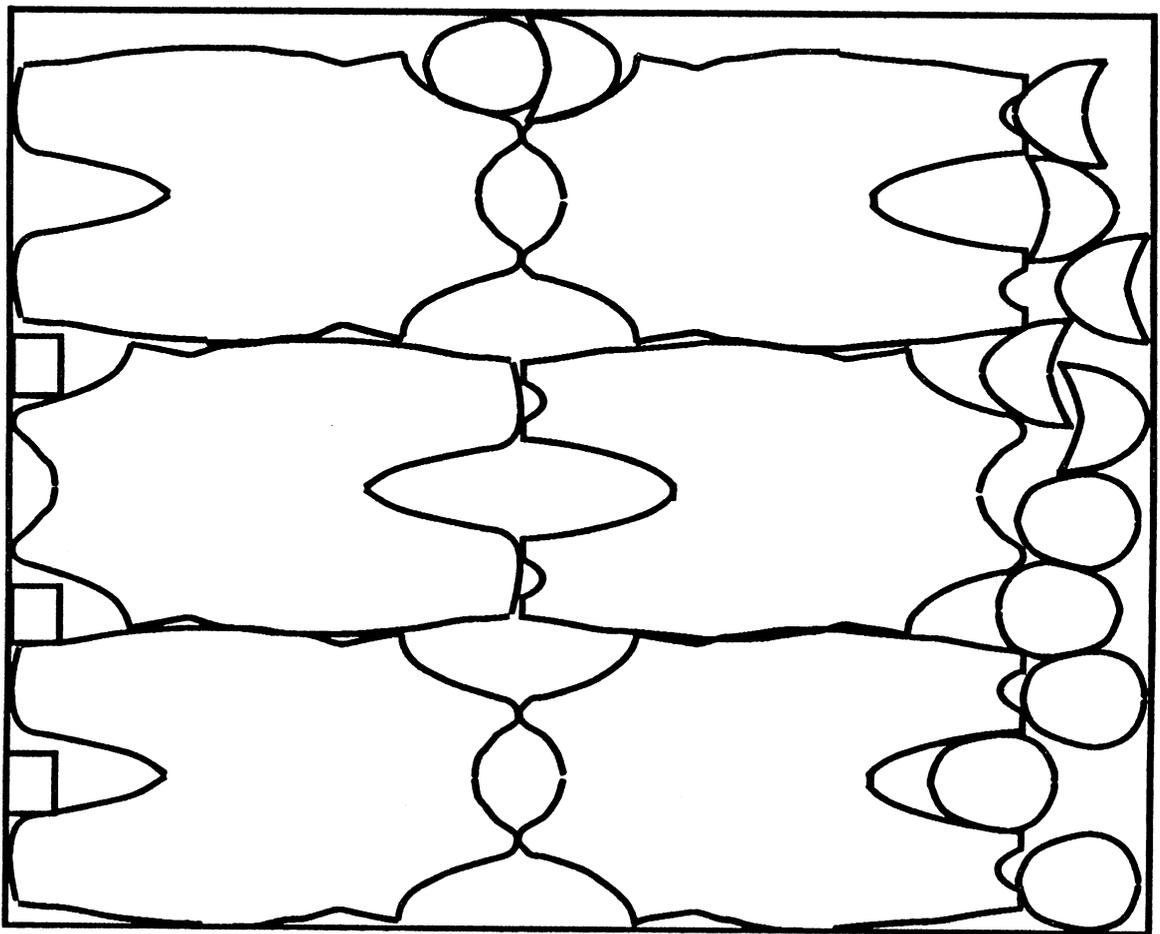


Description d'un article pour le placement

La surface de placement restant libre est elle-même représentée sous la forme d'une succession de bandes. Ceci est rendu possible dans le textile du

fait de la contrainte de placement des pièces dans le droit fil qui n'autorise que des placements où les deux ensembles de bandes des articles et du matelas de tricot sont parallèles. Pour la tôle cette contrainte de sens de placement n'existe pas, mais la forme des pièces, souvent issues d'un rectangle, entraîne un placement plus avantageux dans un sens oblique.

La hauteur des bandes est codée en entier avec une précision bien suffisante pour le travail demandé; de ce fait, tous les calculs de placement s'effectuent en entier, ce qui permet un gain de temps très appréciable sur les méthodes utilisant des représentations polygonales.

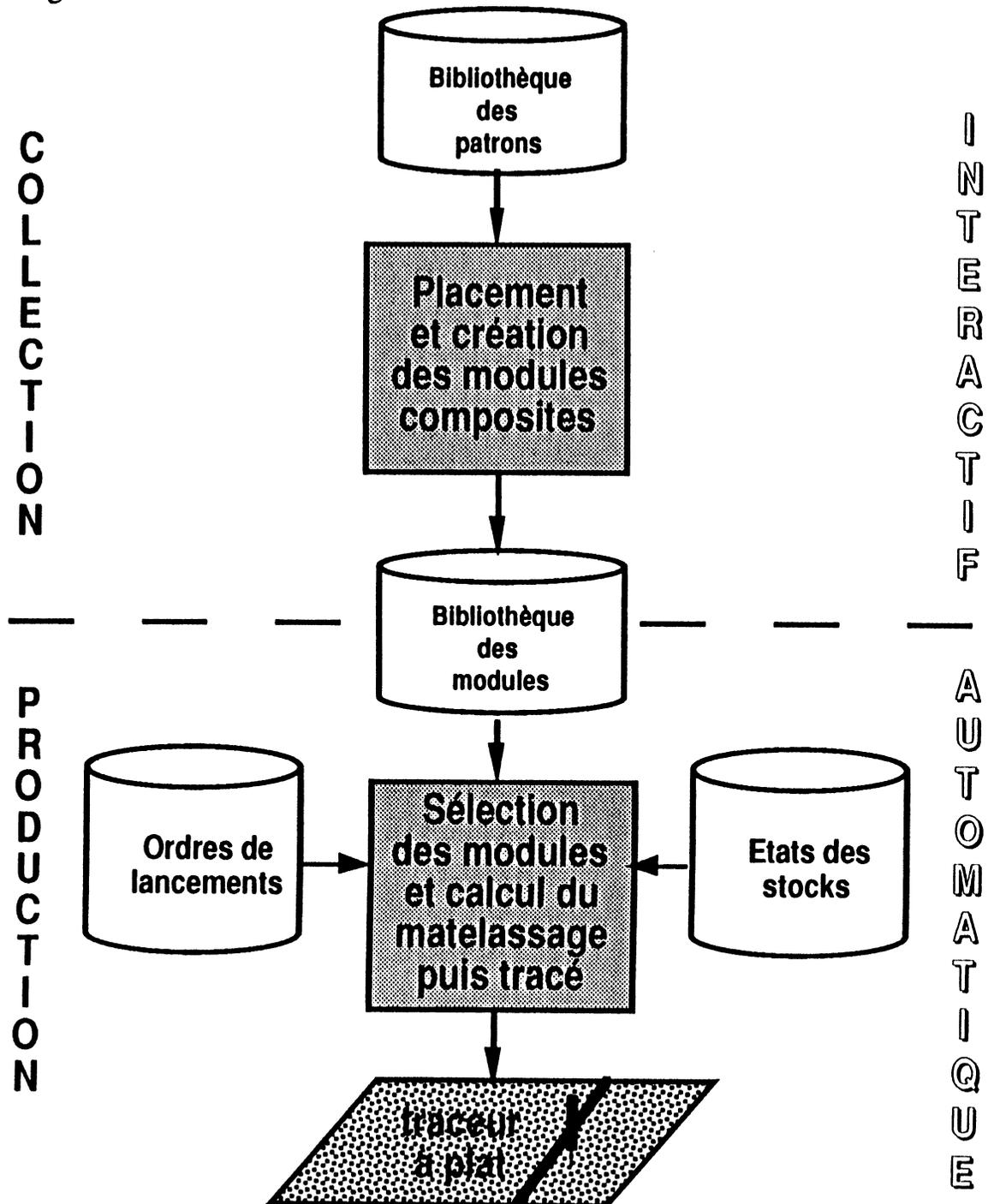


Dimension du module 76.0 par 120.0 Pourcentage de perte 20.5 %

Exemple de placement d'un module simple

Le temps de calcul pour un placement du type ci-dessus est d'environ 30 secondes sur HB68, ce qui a permis le transport de l'algorithme sur des minis et même des micro-ordinateurs rapides par la société ALMA.

La chaîne de traitement après saisie des articles peut être représentée par le diagramme suivant:



Chaîne de traitement de PAMPA

Deux phases se succèdent dans le temps:

- la première est réalisée en mode interactif dès la définition de la collection , c'est-à dire souvent six mois avant le lancement de la production à l'aide d'un terminal graphique évolué (pour des questions de précision de tracé un

terminal à tube-mémoire était préféré au début; depuis il a été remplacé par un terminal à balayage de trame de bonne définition permettant une meilleure interaction et l'utilisation de la couleur)

- la deuxième phase est effectuée automatiquement au moment de la mise en production. La sortie produite (dessin du placement à l'échelle 1) est utilisée sur le matelas de tricot pour guider la découpe des articles.

Le système interactif de la phase de placement permet à l'utilisateur de choisir des commandes par un système de menus. Celui-ci dispose de trois possibilités:

- * la procédure automatique décrite précédemment,
- * une procédure manuelle où il sélectionne un des articles du modèle et l'amène à proximité de la position souhaitée. L'algorithme "tasse" alors cette pièce par le programme "tactique" de la méthode automatique.
- * une procédure semi-automatique qui permet à l'opérateur de reprendre le contrôle du travail après chaque ensemble de placements dans une zone détectée par le programme "stratégique" de la procédure automatique.

Cette dernière méthode est très intéressante: il s'agit en fait d'un placement automatique contrôlé. L'expérience a montré qu'avec un minimum de retouches, on arrive à d'excellents placements avec un temps opératoire beaucoup plus faible qu'en manuel intégral.

Les essais montrent que même si le placement automatique n'atteint pas la qualité des bons placements manuels, l'écart entre les deux méthodes ne cesse de se réduire (un gain de 2 à 3% en moyenne sépare les deux méthodes).

Néanmoins plusieurs remarques permettent d'affirmer l'intérêt de la méthode automatique. Le placement automatique augmente beaucoup la productivité des opérateurs en proposant dans un tiers des cas de très bons placements et dans tous les cas une bonne base de départ. Dans les cas où le nombre de placements à réaliser est très grand, il reste la seule méthode compatible avec la vitesse de production (cas des vêtements sur mesure).

Dans l'industrie mécanique, le programme automatique travaille en horizon mobile sur un grand nombre de pièces. Il compense ainsi largement son

handicap en performance et donne finalement de meilleures imbrications que celles faites à la main.

Depuis cette étude (1980-83) il faut souligner que cette méthode a été appliquée avec succès à de nombreux problèmes de découpe de pièces de formes irrégulières. L'amélioration des performances des matériels informatiques et particulièrement graphiques a permis de mettre ce système directement à la disposition des hommes du métier. La méthode proposée demandant un contrôle du travail par le placeur a facilité l'appropriation de l'outil. Mieux on a constaté parfois une émulation de l'homme par la machine qui a permis d'arriver à de meilleurs placements...

Deuxième partie

Intégration des Stations Graphiques et des Matériels Audiovisuels

Cette deuxième partie concerne le couplage entre les ordinateurs et les matériels audiovisuels télécommandables, essentiellement magnétoscopes et lecteurs de vidéodisques.

Une description de la technologie de ces machines et de leurs interfaces est d'abord rappelée. L'état des normes internationales de connexion de ces matériels est ensuite abordé. L'apport de l'intégration des matériels audiovisuels dans les stations graphiques d'imagerie est finalement analysé.

Pour terminer le projet Kinésis de montage virtuel de films à l'aide de vidéodisques est développé. Ce projet, qui a pour but l'informatisation du travail du monteur, propose un système graphique et audiovisuel interactif pour le montage des films de cinéma.

2.1. Machines de production audiovisuelles

2.1.1 Matériels audiovisuels interfaçables

- **magnétoscopes**

Cette étude étant limitée au matériel utilisé dans les laboratoires de recherche et dans l'industrie de l'audiovisuel, certains matériels plutôt destinés au grand public (VHS - 8mm...) ne sont pas mentionnés ici bien qu'ils soient parfois utilisés pour des raisons économiques ainsi qu'il sera indiqué au chapitre concernant le montage virtuel.

La distinction habituelle reprise ici entre matériels semi-professionnels et professionnels correspond à une barrière de prix entre les matériels accessibles dans les laboratoires et dans l'industrie.

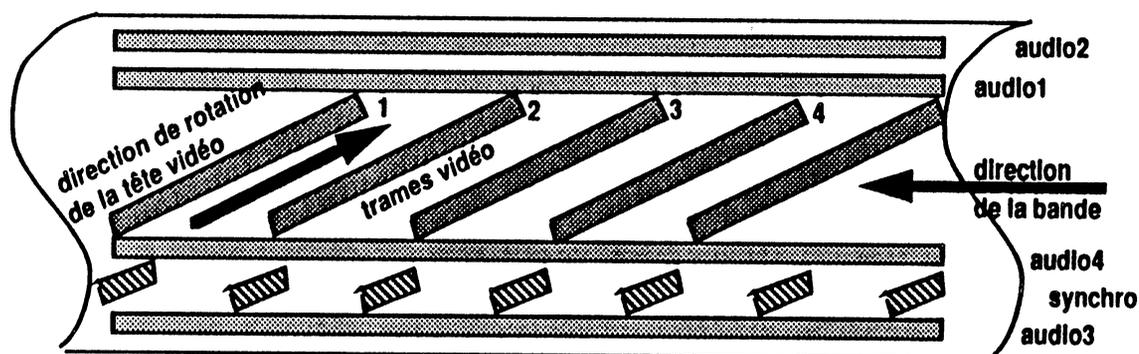
- ◆ *modèles semi-professionnels 3/4 de pouce:*

Les magnétoscopes appelés de montage doivent permettre un enregistrement image par image grâce à des fonctions précises de montage en insertion ou assemblage. Dans cette catégorie se trouvent les magnétoscopes les plus répandus connus sous le nom U-matic (et dérivés). Les modèles BVU donnant des enregistrements de meilleure qualité peuvent leur être comparés. Tous ces modèles utilisent des bandes de 3/4 de pouce de large d'où leur nom. Le signal vidéo est enregistré sous forme analogique d'un signal composite codé en PAL (en Europe), SECAM (plus rarement en France) ou NTSC (aux Etats-Unis et au Japon). Ils possèdent deux pistes sons.

- ◆ *modèles professionnels:*

Les plus classiques sont les modèles à bande de 1 pouce de large enregistrant en analogique soit un signal composite soit les trois composantes RVB de la couleur. Ils permettent l'usage de quatre pistes sons. Des appareils à bande de 2 pouces de large existent aussi. Plus récemment sont apparus les modèles appelés Betacam enregistrant un signal analogique en composantes et particulièrement destinés au reportage grâce à leur bande de 1/2 pouce de

large permettant d'intégrer magnéscope et caméra dans un même appareil.



Format des bandes 1 pouce C

◆ *modèles numériques (4-2-2):*

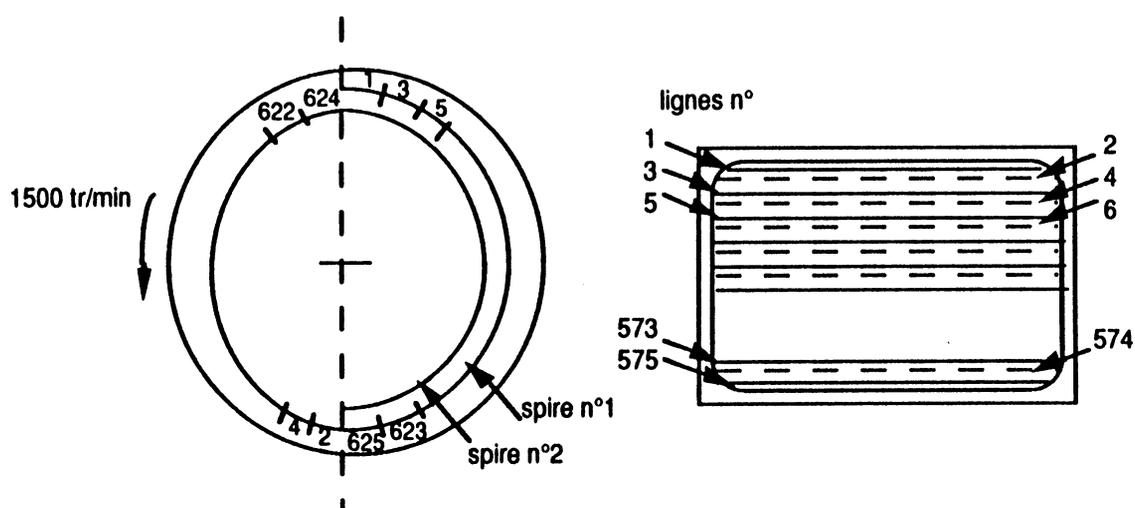
Les modèles analogiques précédents entraînant une dégradation du signal restitué après chaque génération, il s'ensuit une délicate gestion des bandes et une limitation des copies lors des mixages. L'apparition en 1985 de magnétoscopes enregistrant en numérique les trois composantes vidéo permet de supprimer ce problème de génération, mais leur prix (approchant le million de Francs) ne les met pas à portée de chercheurs...

Même si la qualité des images obtenues progresse avec les prix des matériels, quelques défauts inhérents au mode d'enregistrement subsistent dans toute la gamme des magnétoscopes:

- * l'arrêt sur image ne permet la lecture que d'une trame située en face de la tête de lecture rotative, donc d'une demi-image seulement. De plus la perte de référence de base de temps engendrée par l'arrêt du défilement entraîne un décrochage de l'image pouvant affecter jusqu'à un tiers des lignes de la trame. Du fait du risque d'usure de la bande par le frottement de la tête de lecture, un arrêt ne peut être prolongé au delà de quelques minutes.
- * les ralentis ou accélérés entraînent également l'apparition d'une zone bruitée dans l'image.

• vidéolecteurs

L'enregistrement des signaux vidéo et audio sur disques est une idée qui a germé dans l'esprit des chercheurs en même temps que la télévision (années 20) avant l'apparition des bandes. Mais il faut attendre les années 70 pour voir apparaître plusieurs modèles de vidéodisques et lecteurs autour des firmes Telefunken, Philips, RCA et Thomson (voir à ce sujet l'excellent livre de Georges Broussaud [Broussaud 86]).

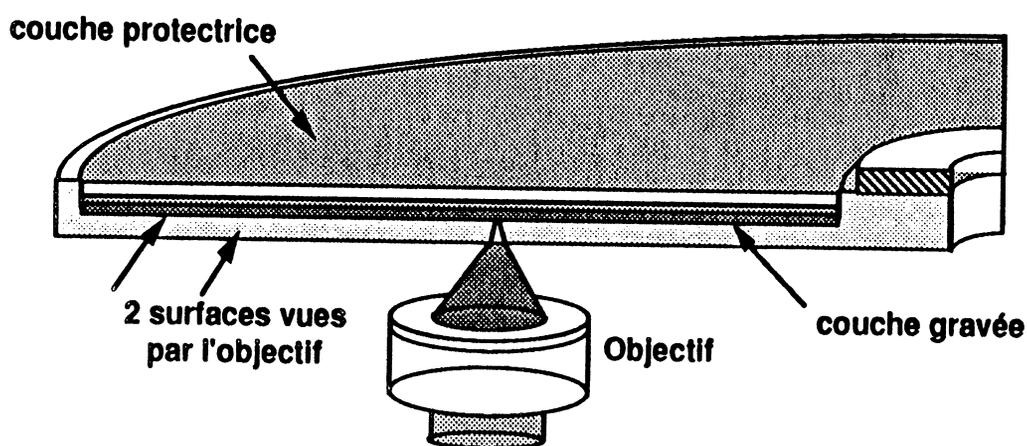


Organisation du signal vidéo sur un vidéodisque synchrone CAV

Le format le plus répandu est connu sous le nom de *Laservision* où le signal analogique composite (PAL ou NTSC) est modulé en fréquence avant d'être gravé sous forme de microcuvettes par un faisceau laser. Ces disques ne peuvent être pressés que dans quelques usines spécialisées dans le monde, et les vidéolecteurs ne permettent donc que la lecture ou la recherche. Deux variantes d'enregistrement sont possibles suivant les accès désirés: l'enregistrement à vitesse linéaire constante (CLV) permet un enregistrement de plus d'une heure par face mais les débuts d'images n'étant pas alignés sur une radiale l'accès direct est limité à des images déterminées lors de la fabrication (chapîtres); l'enregistrement à vitesse angulaire constante (CAV) offre l'accès direct à chaque image mais ne permet la gravure que de 54000 images soit 36 minutes d'enregistrement par face à 25 images/secondes (30 minutes à 30 images/s). A côté du signal vidéo se trouvent deux pistes sons.

Le poids des têtes de lecture optique étant voisin de la centaine de grammes, des contraintes mécaniques entraînent des temps d'accès de l'ordre de la

seconde dans le cas le plus défavorable. Quelques appareils permettent l'accès à la vitesse de la vidéo (40ms) à une centaine d'images voisines par simple rotation du miroir, mais le système est limité à un seul saut instantané après lequel la tête de lecture doit être repositionnée. Le procédé complexe de pressage s'il permet une fabrication en série à un coût unitaire acceptable n'autorise pas la création d'un disque unique à moins de 7000 F dans le meilleur des cas! Mais depuis 84 la firme californienne ODC [Hayes 85] a conçu un appareil de gravure à l'unité de vidéodisque au standard *Laservision* pour un coût de l'ordre d'une centaine de dollars par face. La méthode utilisée repose sur le phénomène d'ablation thermique réalisée par un stylet optique qui vaporise un matériau thermo-sensible. Compte-tenu de l'épaisseur du substrat nécessaire, le procédé est limité à une face gravée par disque.



Coupe du disque gravé ODC (système RLV Mk II)

En dépit des performances actuelles un peu inférieures à celles des disques pressés, le disque ODC présente un grand intérêt dans la mesure où il permet d'obtenir des copies rapides dont le coût se situe autour de 1000 F. Les applications de ce système de gravure unitaire sont la fabrication de copie zéro de travail avant pressage et le montage virtuel de films (voir chapitre 3). Dans le cadre de cette dernière application certains constructeurs ont fabriqué des lecteurs à deux têtes de lectures indépendantes pour permettre des sauts instantanés par anticipation du positionnement d'une tête avant commutation vidéo au moment du saut. Ceci permet d'assurer des sauts instantanés quelle

que soit la distance des images gravées sur le disque, pour peu que ces sauts soient connus à l'avance et que le temps de diffusion des séquences soit suffisant pour permettre le prochain positionnement de la deuxième tête de lecture.

Parallèlement au *Laservision* la firme japonaise Panasonic a développé une gamme originale de vidéolecteurs enregistreurs permettant d'inscrire par gravure directe des images sur un disque limité à 24000 images par face. Mais ce système, non compatible avec le standard *Laservision*, n'existe qu'au format NTSC 525 lignes et son prix en limite l'usage (250 000 F le lecteur-enregistreur et surtout 1500 F le disque vierge) a un système fermé de banque d'images (type imageur documentaire).

La qualité des images fournies par les vidéodisques est comparable à celle des meilleurs magnétoscopes 1 pouce. Mais la supériorité du vidéodisque est évidente pour les facilités d'accès direct, les ralentis ou accélérés à vitesse quelconque (saut d'une spire à une autre pendant le retour de trame), l'arrêt parfait sur image (et non sur trame!). Toutes ces opérations peuvent être maintenues sans risque pour le média. A noter que le son est aussi d'excellente qualité puisque le signal est modulé en fréquence. Un petit défaut toutefois pour certaines applications comme le montage virtuel: le son n'est diffusé qu'à lecture avant à vitesse normale. D'où une modification à apporter aux lecteurs si l'on veut utiliser le son comme guide dans les recherches de raccords par exemple.

L'avenir du vidéodisque tant attendu sera assuré avec l'arrivée du vidéodisque effaçable qui existe déjà en prototype dans les laboratoires (procédé magnéto-optique) et est annoncé pour 89 dans sa version digitale pour stockage d'informations numériques. Rien n'empêchera alors d'en faire une version vidéo...

- **tables de mixage vidéo, bancs de montage**

L'informatique gagne ce domaine mais les systèmes sont fermés et ne peuvent s'interfacer directement avec des machines d'autres marques. D'où l'urgence de l'utilisation d'une norme...du point de vue des utilisateurs.

On retrouve dans ce domaine où l'informatique fait son entrée les mêmes difficultés que celles rencontrées au début de l'informatique graphique [Genoud 89].

2.1.2 Stockage numérique des images

L'apparition dans le grand public des supports numériques comme les disques audio-numériques pourrait faire penser que la solution au problème du stockage des images pour un travail en accès direct sur disques est le tout numérique.

Le tableau suivant [Broussaud 86] permet de comparer les capacités du vidéodisque et du Disque Optique Numérique (Gigadisc) qui représente le support de plus grande taille disponible en numérique:

images télévision 625 lignes	Disque Optique Analogique (vidéodisque)		Disque Optique Numérique (Gigadisc)	
	N&B	couleur	N&B	couleur
nombre d'images	54000	54000	2857	1428
temps de lecture	0,04 s	0,04 s	0,75 s	1,45 s

Comparaison vidéodisque - DON

La mise au point d'algorithmes de compression d'images sur circuits intégrés pour le nouveau disque vidéo numérique grand public (DVI) annoncé pour cette année permettra d'équilibrer la comparaison, mais le vidéodisque sera encore gagnant du point de vue qualité d'images et interactivité.

2.1.3 Interfaces de commande

- **interfaces actuelles**

- * *magnétoscopes:*

Dans le cas des magnétoscopes, les interfaces informatiques ont d'abord été conçues pour faire communiquer des matériels de même marque: magnétoscopes et banc de montage, magnétoscopes entre eux... Elles sont différentes d'un constructeur à l'autre et ne répondent qu'à des fonctions limitées (un magnéscope maître et un esclave seulement par exemple). Des ordres simples pris en compte sans délai sont possibles, mais le traitement de commandes à lancer sur évènement extérieur n'est pas effectué. Le taux de transfert imposé par l'inscription des codes temporels normalisés entraîne un débit de 38400 bauds sur la ligne série, d'où un protocole de communication différentiel à la norme RS 422. Les messages sont codés en DCB avec contrôle de parité et acquittement obligatoires. L'annexe 1 fournit un exemple d'un ensemble de commandes disponibles chez Sony.

- * *vidéolecteurs:*

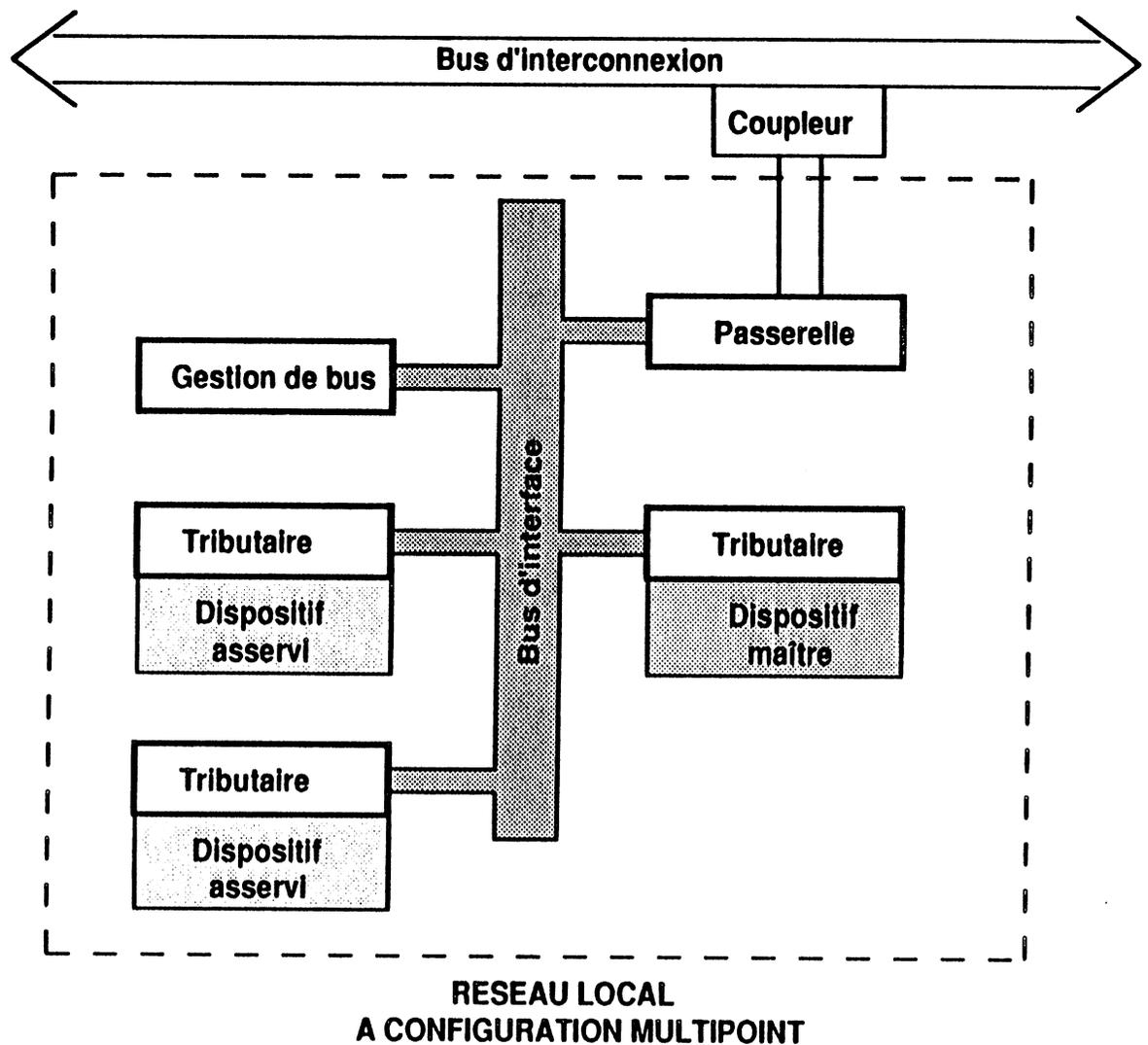
Pour les vidéolecteurs, de par leur nature interactive, ces interfaces sont souvent disponibles en standard et remplissent l'ensemble des fonctions d'une télécommande infrarouge. La commande s'opère depuis l'ordinateur par une liaison série à la norme RS 232 jusqu'à 9600 bauds en DCB ou ASCII. Chaque constructeur ayant défini son interface (parfois différente d'un modèle à l'autre!), l'adaptation d'un nouveau lecteur doit être réalisée par l'écriture d'un programme pilote adéquat (driver). L'annexe 2 présente les commandes des vidéolecteurs Pioneer LD-V6100.

- **état des normes internationales**

Au niveau international, la *Society of Motion Picture and Television Engineers* (SMPTE) propose des recommandations (*Recommended Practice*) qui sont reprises sous forme de normes par les organismes internationaux de normalisation. En Europe l'Union Européenne de Radiodiffusion (UER) est

chargée de la diffusion de ces normes.

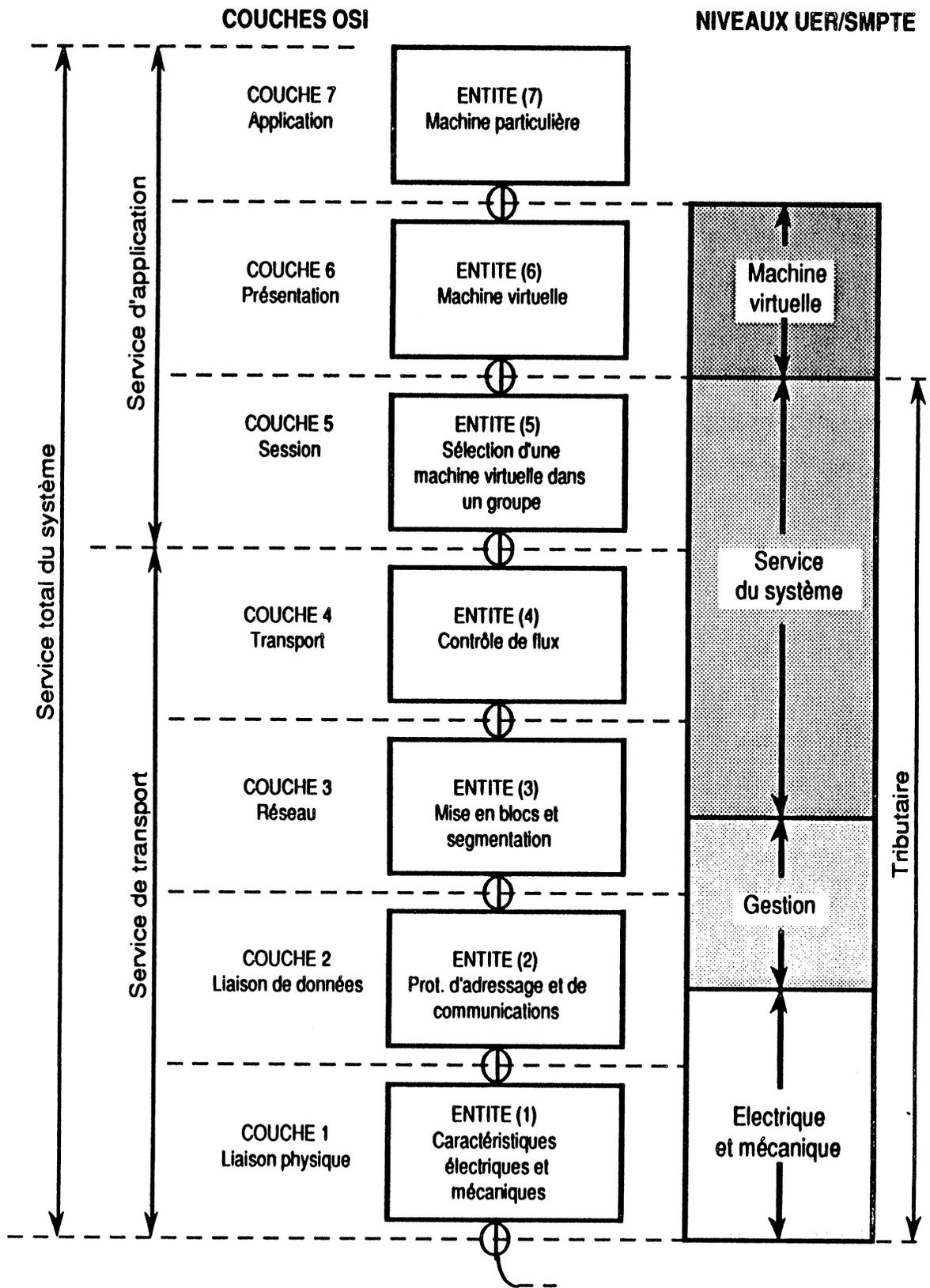
Une norme a été adoptée pour la structure générale des systèmes de télécommande [UER 3245-F 84]. Elle est basée sur la notion de logique distribuée dans laquelle chacun des dispositifs "maître" ou "asservi" est raccordé au système au moyen d'une interface logique appelé "tributaire" qui exécutera la majorité des calculs locaux et des opérations logiques exigés par le dispositif. L'ensemble est connecté par un "réseau local" à 38,4 Kb qui est la cellule fonctionnelle de base du système de télécommande. Plusieurs réseaux locaux peuvent être reliés par des coupleurs et passerelles à un bus d'interconnexion. Le schéma d'ensemble du système peut être représenté par la figure suivante:



L'architecture du système est basée sur le modèle OSI défini par l'ISO [ISO 82] pour les réseaux informatiques hétérogènes. On y retrouve la notion de

machine virtuelle qui répond à des données définies appelées *langage de commande*. Chaque type de machine virtuelle ajoute son dialecte au langage de commande. Un supplément à la norme est paru pour les magnétoscopes [UER 3245-F suppl. 2 86] indiquant les messages propres à ce type de machines. Le supplément concernant les vidéolecteurs n'a pas encore été adopté. Par contre une recommandation du SMPTE indique le codage des listes de décisions de montage [SMPTE RP 146-87].

Actuellement, à notre connaissance, seules les machines numériques 4-2-2 respectent ces normes. Une expérimentation à la BBC a été menée avec succès en 88 et présentée lors du dernier salon IBC de Brighton en 88.



Couches OSI et relations avec la norme UER-SMPTE de télécommande du matériel audiovisuel

2.1.4 Synchronisation des appareils

Une difficulté constante que l'on rencontre en audiovisuel est la synchronisation de plusieurs appareils afin, par exemple, de faire des montages précis ou de mixer plusieurs sources pour produire une animation complexe. Avec les vidéolecteurs, la synchronisation des signaux émis par une référence externe est possible car le mode de lecture permet de *caler* les images sans problème. Pour les magnétoscopes, le problème est plus délicat puisque le transport mécanique des bandes et la durée variable de démarrage des moteurs avant d'atteindre la vitesse de défilement des têtes n'assure pas une synchronisation parfaite sur une base de temps externe. L'enregistrement de signaux de synchronisation sur les bandes elles-mêmes est indispensable pour caler avec la précision demandée par le signal vidéo plusieurs lecteurs ou enregistreurs. Deux modes de synchronisation sont possibles; le premier est l'enregistrement de simples tops de synchronisation, suffisant dans le travail courant, mais ne permettant qu'un repérage relatif. Si une anomalie du média a empêché la lecture d'un top, tout le reste du travail sera décalé d'une trame; la deuxième synchronisation la plus sûre est l'enregistrement d'un code temporel assurant un repère absolu aux images enregistrées:

- **enregistrement d'un code temporel**

Le code temporel défini par l'UER [UER 3097-F 82] comporte 80 bits par image. Il est formé de trois parties:

- * une partie codage du temps comprenant quatre champs représentant l'heure, la minute, la seconde et le numéro d'image enregistrée. Elle est codée en DCB sous la forme HH:MM:SS:II.

- * une partie de 32 bits laissée libre pour des informations propres à l'utilisateur. On peut par exemple s'en servir pour y placer un numéro de bande, une date ou une référence des séquences enregistrées. Grâce à un système d'encodage dit tournant, on peut placer dans cette partie du code des informations de longueur supérieure à quatre octets répétées régulièrement. Ce procédé est utilisé dans le codage Aäton appelé code tournant. (voir chapitre 3).

* une dernière partie sert à la synchronisation et aux codes correcteurs d'erreur.

Ce code peut être placé dans une piste audio ou une piste spéciale (appelé alors code longitudinal ou LTC). Sa lecture n'est pas possible à vitesse trop lente pendant un défilement à vitesse variable dans les recherches, ni bien sûr en arrêt sur image. Une autre façon d'enregistrer ce code consiste à l'ajouter au signal vidéo dans la place disponible pendant le retour de trame: il s'appelle alors code VITC (vertical interval time code). Ainsi sa lecture sera possible dès qu'un signal vidéo sera lu donc même en arrêt sur image (mais évidemment pas en défilement rapide de la bande avec les têtes de lecture retirées..).

L'enregistrement de ce code temporel absolu au niveau du média permet de rattraper par logiciel toute désynchronisation accidentelle et d'assurer un contrôle constant du travail effectué.

- **nécessité d'un contrôle permanent par un processeur dédié**

Les opérations de scrutation et de contrôle des codes temporels entraînent une charge trop importante du processeur central. Il est nécessaire de disposer d'un processeur spécialisé (sur carte ou microprocesseur) appelé *tributaire* dans la norme, afin de permettre à l'ordinateur central de disposer de temps pour gérer les événements qui surviennent.

De plus ce processeur dédié doit permettre de pouvoir poster des événements du type "attendre l'image i avant d'envoyer la commande c", "attendre l'état e" ... qui ne sont pas permis au niveau le plus bas des interfaces de commande.

2.2. Stations graphiques d'imagerie et machines audiovisuelles

2.2.1 Enregistrement des images de synthèse

Trop souvent les problèmes posés par l'enregistrement direct des signaux vidéo fournis par les stations graphiques d'imagerie ne sont étudiés que lorsque les images sont produites. S'il apparaît alors que le constructeur n'a prévu aucun dispositif de conversion des signaux au standard télévision, l'utilisateur est contraint à filmer son moniteur au détriment de la qualité de ses images (faible contraste, déformation géométrique, reflets...).

• problèmes posés par l'incompatibilité des signaux

Deux types de problèmes se rencontrent fréquemment:

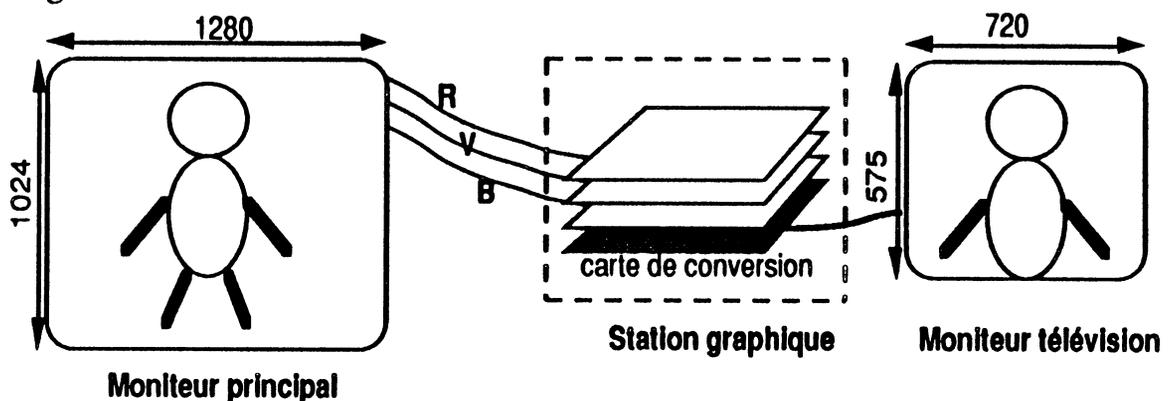
* la définition des images de télévision aux normes actuelles en attendant la Haute Définition est en Europe de 575 lignes réellement affichées et le nombre maximum de points séparés par ligne ne dépasse pas 650 sur les meilleurs moniteurs. Ces valeurs sont souvent bien plus faibles que l'espace de coordonnées des stations courantes d'imagerie qui aujourd'hui atteignent couramment 1024 lignes de 1280 pixels. Il y a donc lieu d'opérer une conversion d'un format dans l'autre sans altérer le résultat obtenu (hormis la plus faible définition)

* les stations graphiques produisent la couleur sous la forme des trois composantes primaires: Rouge, Vert et Bleu (RVB). Mais les magnétoscopes en dehors des matériels professionnels ne permettent l'enregistrement que d'un seul signal composite codé suivant la norme PAL en Europe voire le SECAM en France. Pour plus de détails sur le codage de la couleur et les différents signaux utilisés en télévision l'ouvrage de Carrasco et Lauret constitue encore malgré sa date de parution une excellente introduction [Carrasco-Lauret 68]

• solutions et réalisations

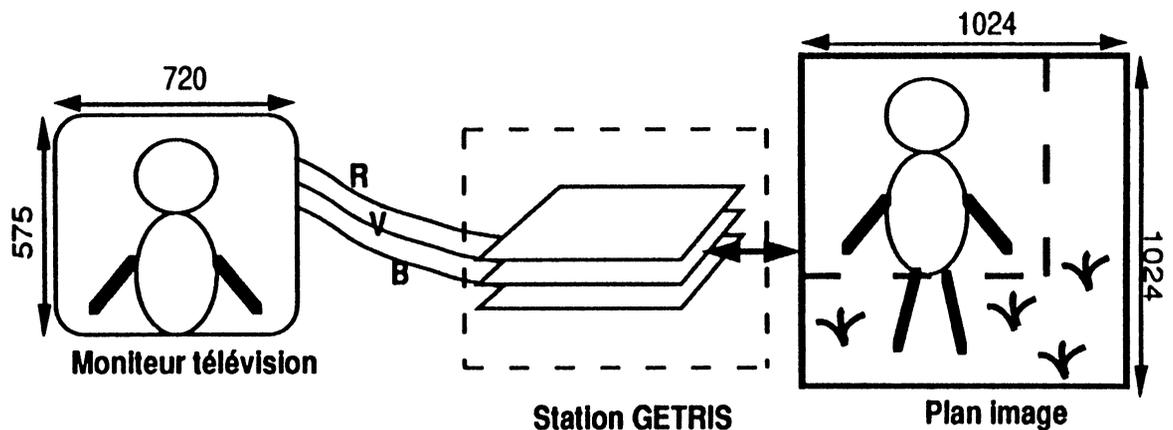
Les solutions apportées à ces problèmes peuvent se regrouper en deux catégories:

* adjonction à la station graphique d'une carte permettant de convertir les signaux en 575 lignes réelles par extraction d'une partie de cette taille sous contrôle de l'utilisateur ou par projection (avec antialiasage). C'est en particulier la solution proposée par PIXAR qui permet de plus de choisir par logiciel la zone de l'image originale à convertir et le facteur éventuel d'agrandissement ou de réduction .



Conversion au format télévision par une carte spécialisée

* solution originale des stations graphiques GETRIS permettant un travail dans un plan image de taille plus grande (1024x1024) que la partie visualisée qui reste au format télévision. Ainsi l'utilisateur a un contrôle permanent sur le résultat qui sera diffusé, à savoir des images à la définition télévision. De plus, la taille du plan image supérieure à celle de la partie affichée permet de réaliser des animations par translations cablées (voir §2.2.3) ou de se servir des zones cachées comme zones de sauvegarde.



Affichage direct au format télévision (solution GETRIS)

Cette solution peut d'ailleurs être utilisée en cas d'impossibilité de conversion directe des signaux par traduction des fichiers images vers le format des fichiers Getris et affichage sur Getris. Ceci permet en plus de légender les images avant enregistrement grâce à la palette disponible sur Getris. Des applications suivant ce mécanisme sont réalisées au CICG (images Spot) et au CIRCE (images issues du Cray 2)

A ce stade, les signaux obtenus sont des signaux RVB en composantes. Il reste donc à les coder en un seul signal composite par l'intermédiaire d'un codeur. Il est indispensable de disposer d'un codeur de qualité, mais de toute façon, l'image sera altérée par cette compression du signal. Il convient toutefois de tenir compte des défauts engendrés par cette opération dans le choix de ses couleurs: en particulier il faut éviter des transitions franches de couleurs et des couleurs trop saturées qui entraîneraient des bavures d'une plage sur l'autre. A noter que, dans le cas d'un enregistrement direct sur diapositives, cette phase de codage en PAL n'est pas à faire, l'exposition des pellicules étant réalisée successivement suivant les trois composantes dans les appareils de transfert sur diapositive actuels.

Dans tous les cas, il est essentiel de prendre en compte et de vérifier les possibilités d'enregistrement avant de choisir un modèle de station graphique...si l'on désire que ses images soient diffusées en dehors du cercle restreint des utilisateurs de la station d'imagerie.

2.2.2 Mélange d'images synthétiques et naturelles

Aujourd'hui, la recherche d'un plus grand réalisme des images produites par les stations de synthèse conduit soit à augmenter les performances de ces machines pour générer des textures proches de la réalité au détriment de leur prix en les mettant par la même hors de portée de la plupart des utilisateurs, soit à tirer parti des possibilités actuelles de numérisation d'images naturelles par scanners ou caméras vidéo. Le fossé qui a longtemps séparé le film classique du film d'animation ne doit pas se recréer entre images naturelles et synthétiques...

• acquisition d'images naturelles

Plusieurs solutions sont possibles:

* l'acquisition par scanner couleur permet d'obtenir des images de très haute définition (jusqu'à 4096 x 4096) malheureusement très altérées par leur réduction à la définition télévision. Mais le coût de ces appareils encore élevé et la nécessité de partir d'un document photographique en limitent l'utilisation.

* la saisie directe par caméra vidéo ou toute autre source vidéo de qualité (vidéodisque par exemple) connectée à une carte de numérisation. Dans ce cas, l'utilisation d'un décodeur transformant le signal composite en signal en composantes RVB est nécessaire. Cette solution est souvent réalisée par une carte d'acquisition indépendante sur micro et entraîne la gestion d'un fichier informatique de l'image saisie qu'il faut savoir lire pour l'afficher sur l'écran de la station graphique.

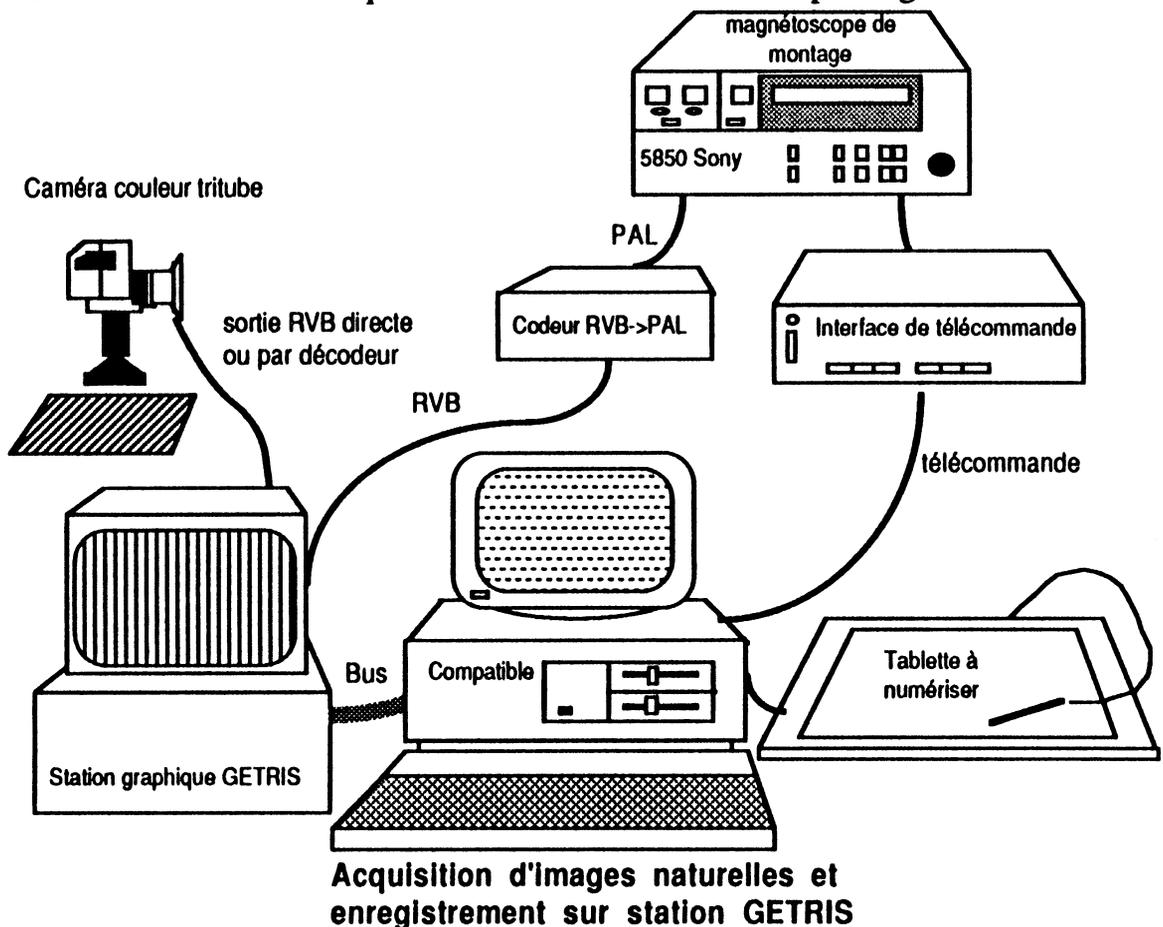
• utilisation des images naturelles

Une fois les images naturelles numérisées, comment les mélanger avec les images de synthèse produites par la station graphique?

L'utilisateur dispose de plus ou moins de liberté suivant le procédé d'acquisition:

* dans le cas le plus fréquent décrit ci-dessus, l'appareil d'acquisition est

indépendant de la station graphique et ne communique avec elle que par transmission en série du fichier après saisie. Dans ce cas, il est difficile voire impossible de "caler" les images naturelles sur les images de synthèse à enrichir (choix de l'agrandissement, de l'éclairage...) et le mélange donne des résultats très aléatoires qu'il faut retoucher fortement par logiciel.



* la solution Getris est à notre connaissance la seule permettant de travailler de la même façon sur les deux types d'images par la possibilité d'ajouter un plan-mémoire dédié (plan d'acquisition vidéo) à la station graphique. Ainsi l'utilisateur peut régler les paramètres de son image naturelle avant d'opérer la numérisation vers un plan-image spécialisé à grande vitesse (soit à la vitesse d'affichage d'une image télévision c'est-à-dire en 40 ms). Cette image numérisée peut alors être traitée par les mêmes algorithmes que ceux disponibles pour les images de synthèse...

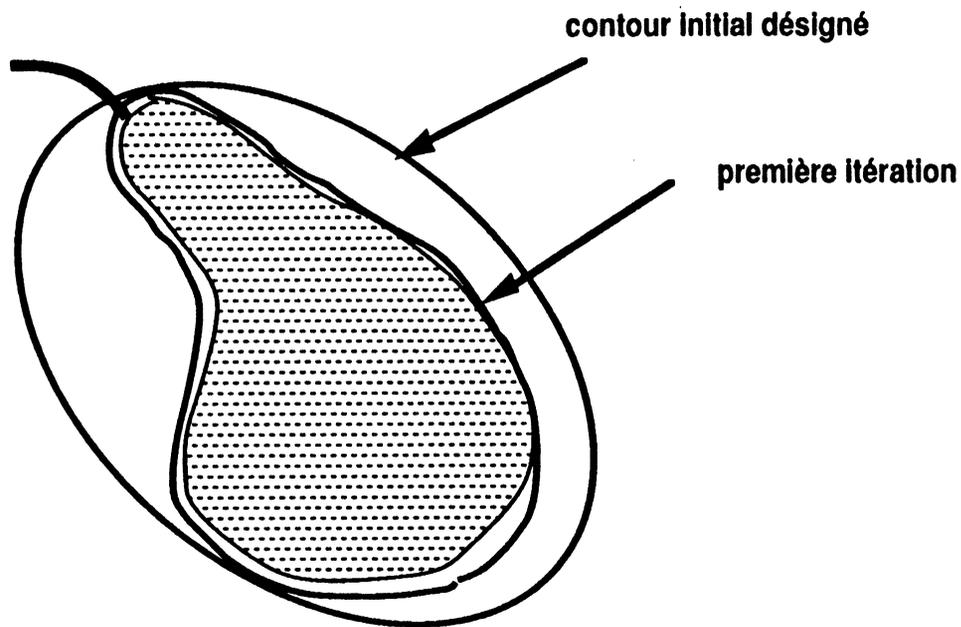
Les problèmes posés par l'utilisation des images naturelles dans les stations d'imagerie sont nombreux et offrent de multiples voies de recherche.

Parmi ceux-ci on peut citer les trois points suivants:

- **décors ou éléments naturels à copier : problème de détournage**

L'acquisition d'images naturelles permet d'ajouter des éléments réels (décor, objets divers...) provenant soit de documents filmés au banc de reproduction, soit d'objets saisis par une caméra vidéo connectée à la palette graphique. Malheureusement le graphiste est obligé d'extraire les objets de l'image réelle en "effaçant" à la gomme électronique les parties non désirées. Ce travail peut prendre suivant la complexité des objets d'une demi-heure à une heure. Ce qui limite considérablement l'utilisation d'éléments réels par exemple dans des animations.

Les algorithmes d'extraction de contours et de segmentation mis au point en vision n'exploitent pas la présence de l'utilisateur qui peut guider et intervenir efficacement à tout moment dans le déroulement du programme de détournage. De plus leur mise en oeuvre est souvent difficile pour un non-spécialiste et demande beaucoup de temps de calcul sur des images couleur naturelles.



Recherche itérative des contours

Un algorithme de recherche interactive de contour présentant une interface naturelle pour un utilisateur non-informaticien (contours englobants, forces d'attraction ou de répulsion...) a été récemment publié [Kass 88]. Son implantation pour validation est en cours au laboratoire ARTEMIS sur une station graphique d'imagerie puissante (PIXAR 2) avant son transfert éventuel dans une palette graphique si les résultats sont encourageants.

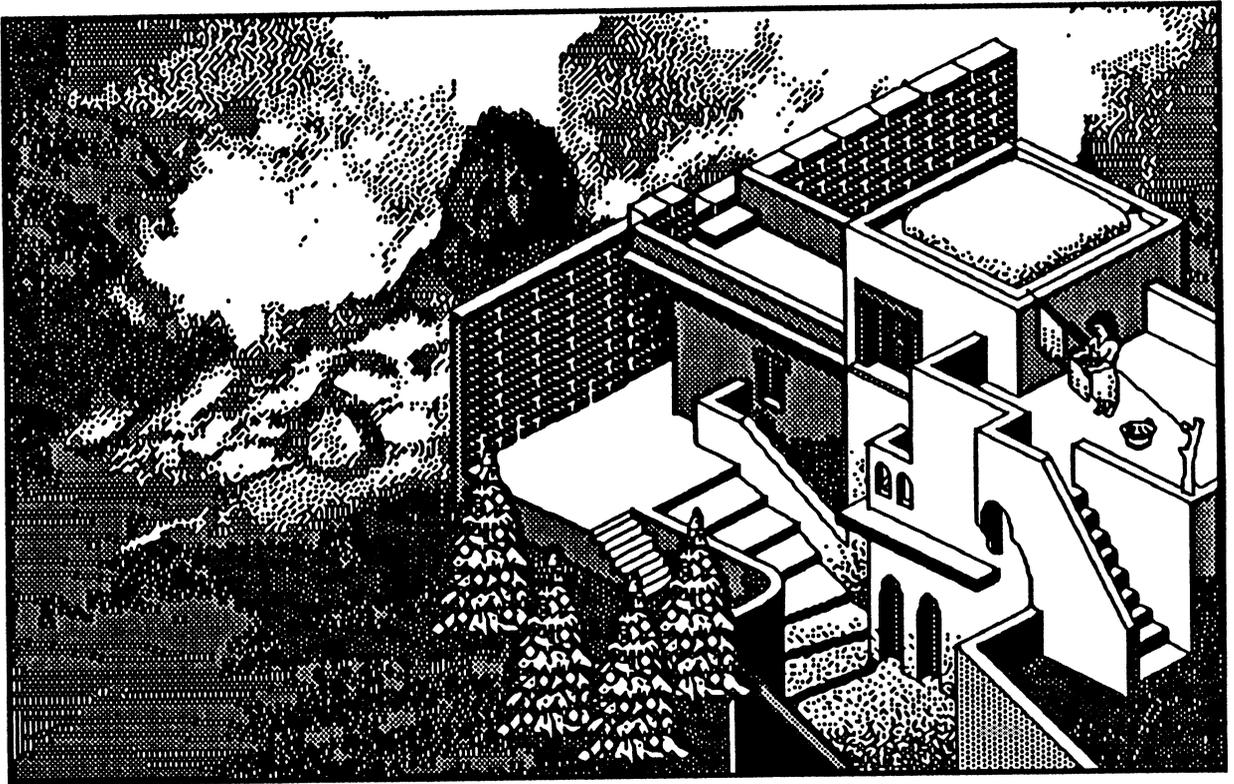
• banque de textures naturelles :

Le manque de réalisme des images de synthèse provient en grande partie du caractère trop artificiel des textures appliquées aux objets. Pour créer des textures plus réalistes, une voie peut être d'analyser des textures naturelles pour en tirer des paramètres qui, fournis à un algorithme de génération, permettent de les reconstruire [Schmitt 81, Gagalowicz 85] Mais le temps de calcul des textures synthétisées est encore trop long et les résultats trop empiriques pour que cette méthode soit aujourd'hui intégrée dans les stations d'imagerie. Une autre solution peut consister à créer une banque de textures naturelles acquises, puis mises en forme pour uniformiser certains paramètres (éclairage, contraste...) L'archivage de ces modèles de textures

peut être réalisé sur support optique de grande capacité du type WORM. L'algorithme de texturation doit alors projeter ces textures naturelles sur l'objet et ajouter l'éclairage et les ombres, comme il le ferait pour une couleur uniforme, sans augmenter le temps de calcul hormis le calcul d'élimination des effets de moires (ou antialiasage) qui le plus souvent est réalisé par une carte spécialisée. Vu la capacité des disques optiques, les textures archivées peuvent être de taille suffisante pour éviter tout problème de pavage et de raccordement de morceaux mis bout à bout.

• **éléments de synthèse animés dans un décor réel**

L'utilisation d'un décor enregistré réel où faire évoluer des objets de synthèse est une idée qui vient à l'esprit de tout animateur qui fait ainsi référence à la technique classique des celluloses. Si le décor est fixe, il convient seulement de connaître l'éclairage du décor naturel pour le reproduire sur les objets synthétiques. Si les objets de synthèse peuvent être cachés pendant leur mouvement par un avant-plan du décor, il faut ajouter une information de profondeur aux images naturelles [Martinez 84]. On retrouve ici le problème précédent du détournage nécessaire pour segmenter rapidement l'image en zones affectées de la même profondeur. Si le décor est en mouvement (effet de panoramique par exemple sur un lieu), il faut connaître les paramètres de ce mouvement pour en tenir compte dans la création de l'animation de synthèse.



Architecture synthétique dans un décor réel

Les domaines d'application de ce système sont variés: simulation de conduite, conception assistée... En architecture ce procédé peut permettre la présentation d'une architecture future dans son cadre réel en multipliant les points de vue et en évitant la fabrication de maquettes moins réalistes car introduisant une vision aérienne non naturelle..

2.2.3 Logiciel intégré d'animation et de montage vidéo: G_Anim

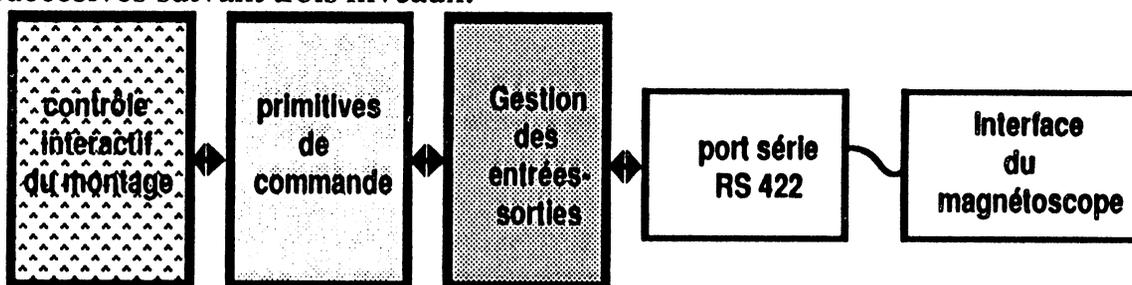
Les logiciels d'animation proposent très rarement un système d'enregistrement automatique des images produites. Bien souvent cet oubli rend le travail de l'animateur fastidieux puisqu'il doit, en même temps qu'il produit son animation, penser à l'enregistrer en parallèle sur un banc de montage. Des informations telles que la durée des montages à opérer doivent être reportées manuellement du système d'animation vers le magnétoscope. Le logiciel G_Anim développé en collaboration entre le laboratoire ARTEMIS et la société Getris-Images [Bruneaux 88] propose un système intégré sous le même environnement pour l'animation et l'enregistrement.

• présentation générale de G_Anim

G_Anim est un logiciel de description d'animation temps réel 2D ou 3D sur station Getris basé sur la notion d'acteurs et d'attributs. Il utilise l'architecture spécifique des stations GETRIS pour animer et synchroniser les mouvements de plusieurs images en parallèle [Martinez 84]. La description de l'animation s'effectue à la tablette à numériser sans langage d'animation particulier qui crée souvent une barrière psychologique entre le logiciel et l'utilisateur non-informaticien. Il a été conçu pour être utilisé directement par l'animateur. L'interface a été pensée dans les termes du métier de graphiste et présente des outils de dialogue du type ascenseurs, menus déroulants, boutons radio... compréhensibles par un non-informaticien. La visualisation en temps réel de la séquence d'animation permet de juger du rendu final avant enregistrement. La gestion du montage des animations sur magnétoscopes est intégrée au logiciel.

• organisation du module de commande des magnétoscopes:

Le logiciel de commande des magnétoscopes est décomposé en couches successives suivant trois niveaux:



Organisation de l'application en couches

* la gestion des entrées-sorties:

Les commandes de bas niveau sont envoyées à 38400 bauds par un port série différentiel à la norme RS 422. Chaque commande est acquittée par l'interface des magnétoscopes. Cette couche réalisée par logiciel peut être confiée en partie à une carte spécialisée appelée Log2i réalisée par Getris-Images permettant de contrôler jusqu'à quatre magnétoscopes en parallèle et assurant un envoi des commandes en synchronisme parfait avec la

synchro vidéo ce qui assure une exécution des commandes à la trame prévue.

*** les primitives de commande:**

L'ensemble des primitives ou actions élémentaires sont regroupées dans une deuxième couche de logiciel formant une partie de la bibliothèque des fonctions disponibles sur Getris pour le programmeur d'application (voir annexe 3). Aux commandes classiques de montage et de contrôle des magnétoscopes s'ajoute une commande d'enregistrement en synchronisation avec l'animation, qui consiste à donner la main au programme d'animation lorsque les conditions sont réunies pour l'enregistrement (après une relecture d'une partie de bande pour stabiliser son défilement). Cette fonction permet d'enregistrer en continuité des séquences animées en temps réel sur Getris. Elle n'est rendue possible ici que par l'intégration de l'animateur et de la gestion du magnéscope.

*** le logiciel de contrôle des magnétoscopes:**

Présentant un véritable tableau de bord du pilotage du ou des magnétoscopes, il permet à l'utilisateur de monter ou démonter des bandes, d'aller chercher la zone à enregistrer, de vérifier les résultats obtenus...

• ergonomie du contrôle des magnétoscopes:

Les dialogues entre l'utilisateur et les programmes de télécommande sont prévus pour être les plus naturels possibles. Ils sont basés sur la technique de menus imbriqués formés de commandes simples. Un retour d'interaction affiche en permanence en surbrillance la commande sélectionnée. L'affichage est réalisé sur l'écran du moniteur de l'ordinateur pour ne pas affecter l'animation en cours de conception sur l'écran vidéo. Le dialogue le plus convivial est obtenu par l'intermédiaire d'une souris mais à défaut l'interaction peut être dirigée par les flèches de déplacement du clavier.

MENUS: Le menu de base suivant est affiché sur deux écrans commutés par la commande AUTRES.

Il comprend les commandes ci-dessous :

- ° rebobinage
- ° lecture
- ° stop (avec retrait des têtes)
- ° arrêt momentané sur image`
- ° enregistrement de la séquence préparée
- ° avance rapide
- ° lancement de l'enregistrement ou de la lecture de la séquence préparée et retour synchronisé avant l'enregistrement ou la lecture de la première trame concernée.
- ° visionnement du résultat enregistré
- ° arrêt du montage et retour au programme d'animation
- ° recherche (continue ou image par image)
- ° création ou modification d'un point de repérage
- ° déplacement sur un point de repérage
- ° fixation du point d'entrée de montage
- ° fixation du point de sortie de montage
- ° visionnement en continuité du résultat avant enregistrement

Certaines commandes demandent de préciser des paramètres qui seront fournis par l'intermédiaire de dialogues momentanés ou de sous-menus (voir par exemple ci dessous le choix du mode de montage de bande)

BANDE		ENTREE		COMPTEUR		SORTIE		NBIMAGES	
<<	LECTURE	STOP	PAUSE	>>	EDITER	REVOIR	FIN		
CHERCHER	REPERER	DEPLACER	ENTREE	SORTIE	VERIFIER	BANDE	AUTRES		
Montage de bande									
ENREG	LECTURE								
Commande de Magnétoscopes ARTEMIS-IMAG Version 1.0 du 15/11/87									

Ecran initial et montage de bande

Les bandes sont archivées dans une bandothèque permettant de guider l'utilisateur dans son choix. Pour chaque bande un fichier des repères placés par le monteur est tenu à jour pour faciliter les recherches.

BANDE		ENTREE		COMPTEUR		SORTIE		NBIMAGES	
<<	LECTURE	STOP	PAUSE	>>	EDITER	REVOIR	FIN		
CHERCHER	REPERER	DEPLACER	ENTREE	SORTIE	VERIFIER	BANDE	AUTRES		
Choix d'une bande									
<u>numéro</u>	<u>identification</u>				<u>création</u>	<u>modification</u>			
00001	animation film xxxxx				12/03/87	18/03/87			
00002	générique film yyyyy				21/03/87	21/03/87			
00003	saisie textures caméra				22/03/87	24/03/87			
Commande de Magnétoscopes ARTEMIS-IMAG Version 1.0 du 15/11/87									

Choix d'une bande en bandothèque

Une fois une bande sélectionnée et montée, des compteurs affichent en permanence en haut de l'écran le type et numéro de bande, le code temporel de l'image affichée ainsi que les points d'entrée et de sortie de montage. Le

logiciel reconnaît le type de magnéscope connecté et adapte ces ordres en conséquence. En particulier la présence ou l'absence de code temporel enregistré est gérée automatiquement.

BANDE	ENTREE	COMPTEUR	SORTIE	NBIMAGES
Un E I	01:22:12	01:26:23	01:42:18	25
REGLAGES	SIGNAL			
CALER	AUTRES			
Choix du réglage à modifier				
MODES ED	PREROLL	POSTROLL	FIN	
Choix des modes d'édition				
VIDEO	AUDIO1	AUDIO2	FIN	
Commande de Magnétoscopes ARTEMIS-IMAG Version 1.0 du 15/11/87				

Choix des modes d'édition

La commande **CHERCHER** propose une recherche image par image ou en continu. Dans ce cas le déplacement de la souris permet de tirer un ascenseur qui simule la variation de vitesse de la recherche.

BANDE	ENTREE	COMPTEUR	SORTIE	NBIMAGES			
Un E I	01:22:12	01:26:02	01:42:18	25			
<<	LECTURE	STOP	PAUSE	>>	EDITER	REVOIR	FIN
CHERCHER	REPERER	DEPLACER	ENTREE	SORTIE	VERIFIER	BANDE	AUTRES
Choix d'un type de recherche							
CONTINU	IMAGE	FIN					
Sens et Vitesse de recherche							
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div>							
1		0		1			
Commande de Magnétoscopes ARTEMIS-IMAG Version 1.0 du 15/11/87							

Contrôle de la recherche en continu

Les commandes **ENTREE** et **SORTIE** demandent de préciser si on se contente d'incrémenter les points de montage ou si l'on désire les placer sur un point de repérage de la bande ou à l'emplacement des têtes par le menu ci-dessus.

BANDE		ENTREE		COMPTEUR		SORTIE		NBIMAGES	
Ume1		01:28:02		01:28:02		01:42:18		25	
<<	LECTURE	STOP	PAUSE	>>	EDITER	REVOIR	FIN		
CHERCHER	REPERER	DEPLACER	ENTREE	SORTIE	VERIFIER	BANDE	AUTRES		
Pose d'un point d'entrée de montage									
AU VOL	REPERE	+	-	SOR->ENT	FIN				
Commande de Magnétoscopes ARTEMIS Version 1.0 du 15/11/87									

Pose d'un point d'entrée à la position des têtes

2.3. Informatisation du montage de films :

le projet Kinésis

Si l'informatique a commencé à investir largement le secteur de la vidéo, sa pénétration dans le secteur des films de cinéma traditionnel est quasiment nulle, en France tout au moins.

Plusieurs explications peuvent être apportées pour comprendre ce retard:

* la technique cinéma constamment perfectionnée depuis plus de 90 ans est arrivée à maturité avant l'apparition de l'informatique. Par exemple, les tables de montage actuelles, véritables merveilles de mécanique et d'optique, ont subi très peu de modifications depuis au moins 30 ans... L'adaptation à l'informatique nécessite une refonte complète des procédures et une reconversion profonde des métiers du cinéma.

* l'informatisation du cinéma passe par un recours de plus en plus grand à la vidéo. Or la différence de qualité entre l'image de cinéma 35 mm et sa réduction au format et à la définition télévision (dans sa version actuelle 625 ou 525 lignes) entraîne des refus bien compréhensibles. "L'image argentique n'est pas près d'être remplacée par l'image magnétique !" est une phrase souvent entendue dans les studios. On voit même couramment des producteurs de séries télévisées projeter à leurs clients des versions films sur grand écran de leurs productions destinées elles au petit écran !

* le milieu du cinéma est très fermé; les monteurs de films de fiction au nombre de quelques dizaines en France sont très sollicités et n'ont pas assez de temps à consacrer à la nécessaire évolution de leur métier. Pourtant leur intérêt pour les techniques vidéo est grandissant, mais la crainte de se voir supplanter par la machine est réelle dans ce domaine comme dans d'autres en voie de modernisation...

Aujourd'hui pourtant plusieurs événements sont susceptibles de faire évoluer la situation de façon rapide:

* la collaboration de plus en plus étroite entre cinéma et télévision, en mettant en contact les deux techniques, permet d'estomper la barrière entre ces deux

secteurs de l'audiovisuel. Des sociétés comme la Société Française de Production dont l'activité est pour moitié dans chaque secteur peuvent être les moteurs de l'évolution [Oudin 87].

* l'arrivée dans un futur proche de la télévision Haute Définition permettra de faire accepter le travail en vidéo au moins pour les opérations de post-production.

* les progrès accomplis dans la technique des supports optiques ou magnéto-optiques réinscriptibles vont faire chuter de façon considérable les coûts de l'informatisation du montage de films.

Ce dernier secteur du cinéma est celui pour lequel les professionnels comprennent le mieux les apports de l'informatique. Mais ce travail de modernisation du montage entraînera une refonte en amont de la gestion des scripts et synopsis par les techniques modernes d'indexation et de gestion de bases de données et en aval du travail de laboratoire par la mise en place de systèmes de conformation automatique du négatif [Cohen 88].

2.3.1 Montage actuel des films

• travail du monteur de cinéma

Le travail actuel du monteur peut être résumé dans les phases suivantes:

* arrivée des rushes sous forme de bobines de films et de bandes magnétiques perforées pour le son (report du son direct du Nagra) pendant la durée du tournage.

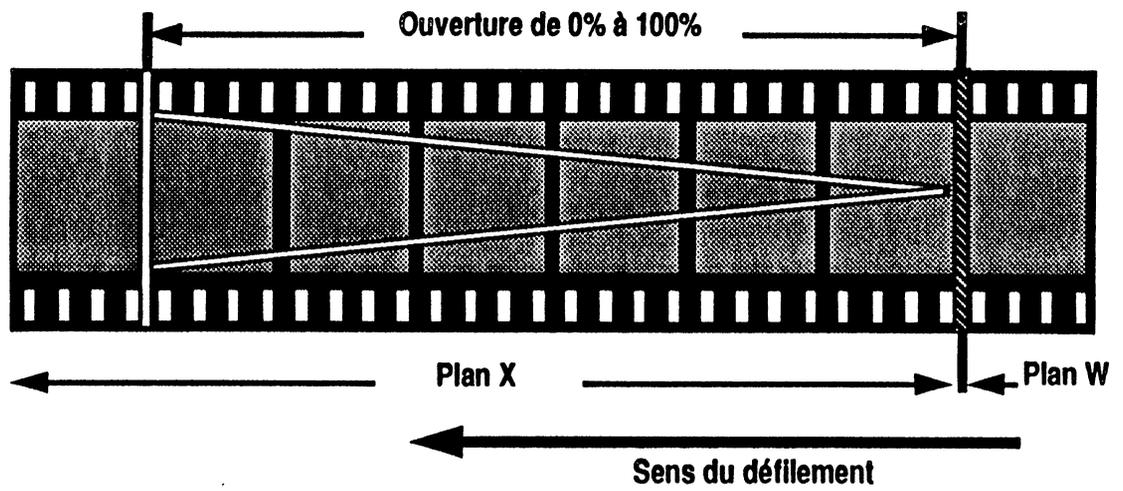
* envoi au laboratoire pour tirage de copies positives de travail des bobines sélectionnées sur indication de plateau ou de plus en plus d'après un film en vidéo légère; parallèlement report sur bande magnétique perforée des bandes-son correspondantes.

* classement et archivage après retour des bobines positives tirées et des bandes-son perforées avec report sur fiche des indications de tournage (n° séquence, plan, prise, caméra...)

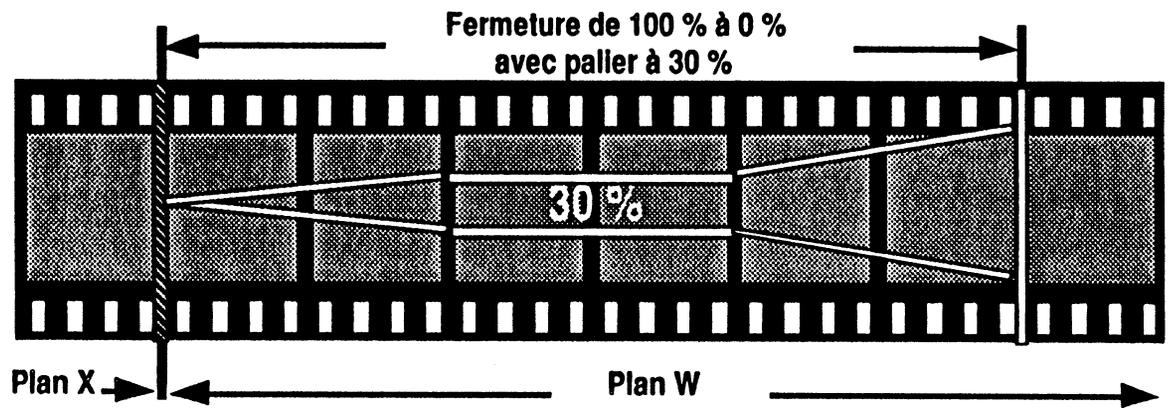
N° séquence	14			Extérieur nuit		
N° plan	14 / 1	14 / 2	3			
Prises gardées	2	C1	C2	1		
	4	1	1	2		
	6	3	3	4		
Date	22 / 1	18 / 1	14 / 1			
N° bande son	123	117	114			

Fiche de repérage des rushes établie par le monteur

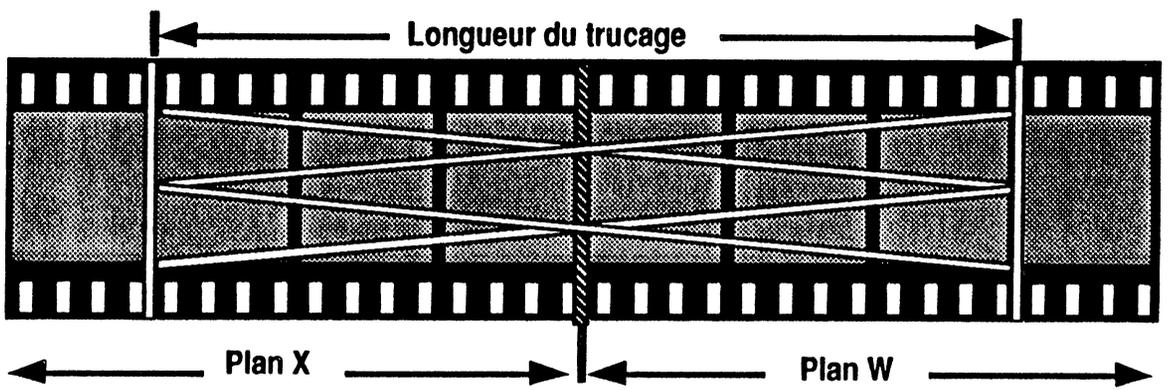
- * mise bout à bout des prises sélectionnées et triées par séquence à monter
 - * montage linéaire (on-line) de chaque séquence avec possibilité de travailler en parallèle sur 4 pistes-son (dialogue, ambiance, musique, ...) A noter particulièrement dans les fictions un désynchronisme des collures son et image surtout dans les dialogues (on entend la voix avant de porter son regard sur l'acteur...)
 - * visionnement en studio du montage de la journée et retour éventuel à la table de montage jusqu'à accord des parties (réalisation, production...)
 - * travail de la bande-son (report des bruitages, doublages, musiques...)
 - * annotation de la copie positive de travail du film monté avec report sur le film des indications de laboratoire (piétage négatif, effets, étalonnage couleur...) pour conformation du négatif original d'après la copie avant tirage de la copie zéro à partir de laquelle seront fabriquées les copies à fournir à la distribution. Les collures sont repérées par le numéro de fabrication du film et le nombre de pieds inscrits sur le bord auquel on ajoute un nombre d'images (il y a 16 images par pied) d'où des problèmes liés à l'absence de piétage dans certains plans courts.
- Les effets spéciaux ne peuvent être visionnés avant passage au laboratoire et sont indiqués sur la copie comme le montrent les exemples de schémas suivants [CST 78]:



Ouverture en fondu



Fermeture avec palier



Fondu enchainé

- **évolution du métier de monteur**

Aujourd'hui le montage d'un film est une opération qui se déroule de façon quasi parallèle au tournage. Il faut que le monteur s'adapte aux aléas des problèmes rencontrés par l'équipe de prise de vues, voire aux changements de scénario de dernière minute ou à la suppression a posteriori d'un personnage. Le montage devient ainsi de plus en plus une opération à forte interactivité entre les différents partenaires d'un film.

Le montage linéaire sur support film 35mm se prête mal à ces changements incessants. Faute de temps des essais ne peuvent être effectués, au détriment parfois d'une exigence de qualité dans le travail demandée par le monteur.

Par ailleurs, certaines coproductions internationales doivent souvent être montées en au moins deux versions: l'une courte pour la diffusion en salles, l'autre longue sous forme d'une série à plusieurs épisodes destinée à la télévision. Mais ce travail ne peut se faire en parallèle car le matériau constitué par la copie positive n'existe qu'en un seul exemplaire.

Le travail de plus en plus fréquent pour des séries télévisées nécessite de raccourcir les temps et les coûts de post-production pour augmenter la productivité et permettre de suivre le rythme de ces productions. Par exemple certaines séries américaines diffusées toutes les semaines depuis des années sont réalisées et montées au même rythme ! Ceci n'est rendu possible que par le recours au montage vidéo permettant d'accélérer le travail et de conserver plusieurs versions parallèles du montage.

2.3.2 Montage virtuel

- **historique**

78: définition du montage virtuel (non linéaire) appelé off-line en anglais par Jean-Pierre Beauviala dans *Les Cahiers du Cinéma* [Beauviala 78]

83: premier système EDITDROID développé par Lucas-Film.

84: système avec lecteurs à deux têtes par SPECTRA-IMAGE

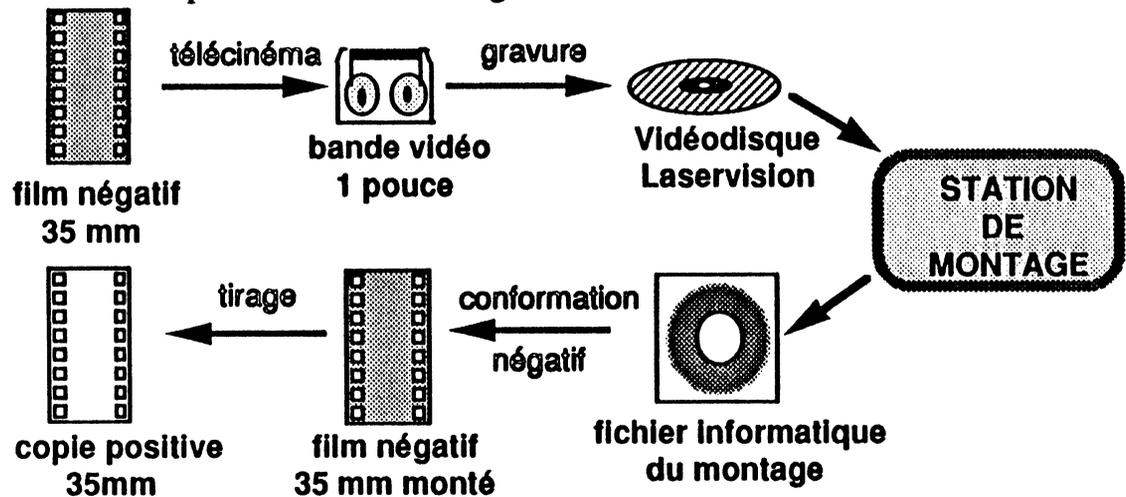
87: autres systèmes par CMX (CMX 6000), PALTEX (Eddi) ...

d'autres systèmes à base de magnétoscopes mais parfois avec gel numérique d'images se développent plus vite en contournant le problème du coût des vidéodisques (MONTAGE, EDIFLEX)

En France citons en 1983, le montage du film "Louisiane" mis en scène par Philippe de Broca en deux versions cinéma et télévision est effectué par Henri Lanoë à Montréal sur un système fabriqué par Control Vidéo à base de magnétoscopes. H.Lanoë fait le bilan de cette expérience dans un article de la lettre de la Commission Supérieure Technique du Cinéma de septembre 84 [Lanoë 84]. La principale critique provient du support cassette qui ne permet pas des insertions rapides en raison des temps de recopie! Mais il déclare garder sa confiance à ce procédé en remplaçant les magnétoscopes par des vidéodisques.

• principe du montage virtuel

Les différentes opérations à réaliser pour monter un film avec ce procédé peuvent être représentées sur le diagramme suivant:



Chaîne de montage virtuel avec retour au film

Dans l'ordre chronologique sont effectués:

- ◆ une prise de vues avec une caméra permettant l'inscription optique sur le film d'un code normalisé SMPTE comprenant une partie (user-bits) servant d'identification de la prise (n° bobine, n° plan...) et une autre de code temporel repérant chaque image.
- ◆ un report sur bande vidéo 1 pouce par un appareil de télécinéma conservant le code inscrit sur le film en le plaçant dans chaque image (code VITC) dans des lignes de trame disponibles.
- ◆ une gravure sur vidéodisque au standard Laservision (en attendant un vidéodisque inscriptible vidéo...) en prenant soin de reporter le code VITC dans le signal gravé.
- ◆ un montage virtuel sur la station de montage décrite plus loin de laquelle peut sortir:
 - * soit un fichier informatique dans le format adéquat pour le laboratoire chargé de la conformation du négatif si celui-ci est déjà informatisé.
 - * soit une liste sur papier des différents points de montage à réaliser (collures) avec des repères précis au niveau des rushes (code SMPTE de la prise de vues) et les caractéristiques des effets spéciaux à reproduire au laboratoire.

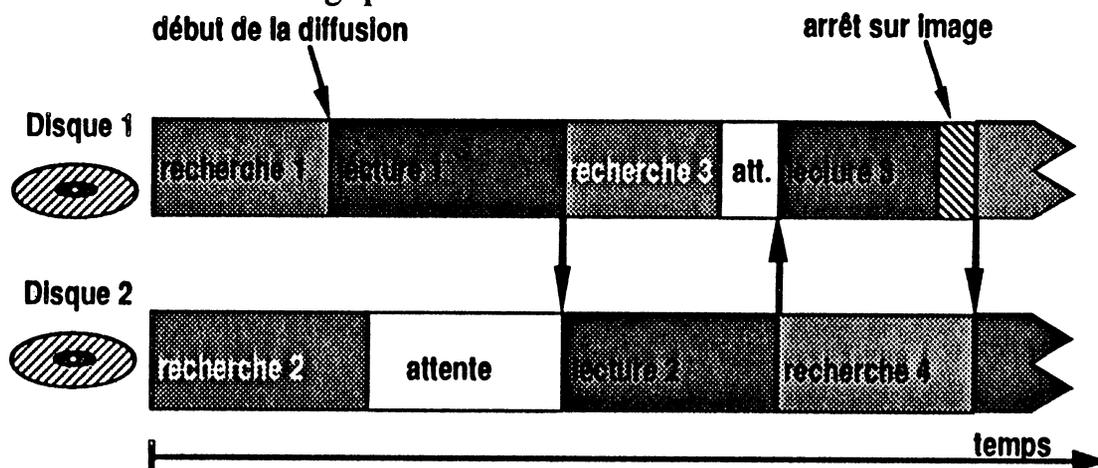
* de plus la station de montage peut, à la demande, enregistrer le montage simulé sur une bande vidéo pour servir de document de travail.

♦ une opération de conformation du négatif en laboratoire et le tirage de la copie zéro.

Actuellement ce schéma est à compléter par un tirage positif initial des rushes en raison d'une part des risques encourus par le négatif lors du télécinéma (à tort ou à raison) et d'autre part de la nécessité de faire un montage film pour le présenter pour accord à la réalisation et à la production (la mauvaise qualité des images de télévision ne permettant pas de juger valablement le travail effectué).

La simulation du montage sur le poste de travail informatique peut être comparée au travail d'un disc-jockey qui, pendant la diffusion d'une plage, recherche sur une autre platine le prochain morceau et opère ensuite une commutation sans interruption de la musique.

Dans le cas d'un système à deux disques, le schéma suivant peut représenter le déroulement chronologique des commandes:

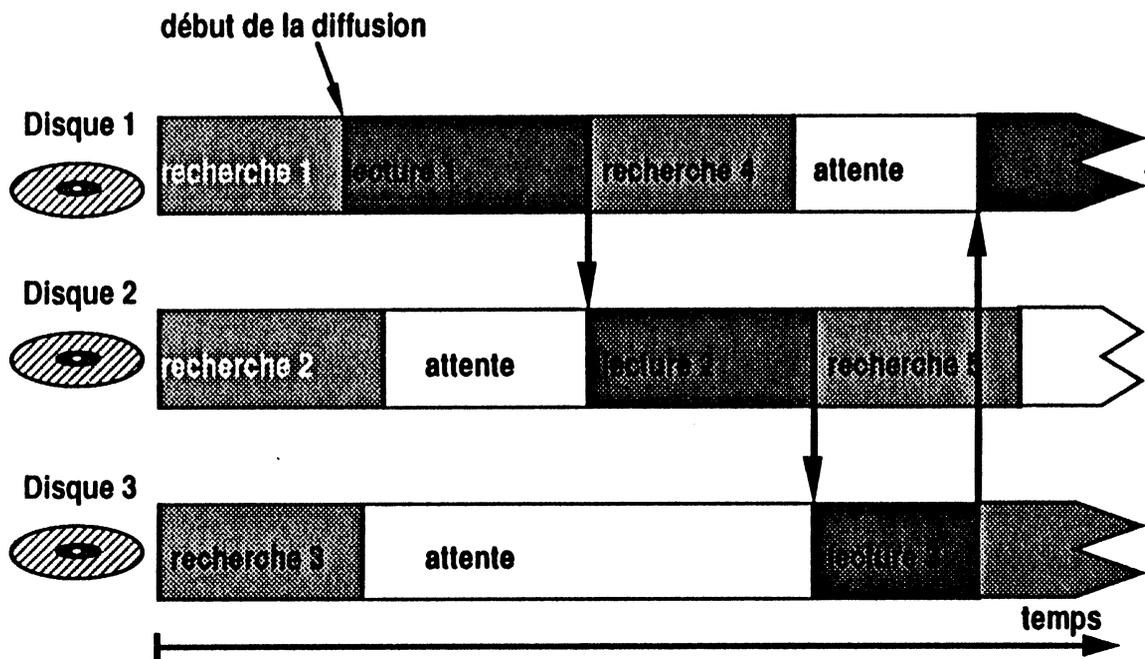


Montage virtuel sur deux disques

Pour être sûr de la présence de tous les plans dans les deux disques, ceux-ci sont identiques. Il faut donc graver deux disques par 36 minutes de rushes avec les disques actuels (Laservision).

Dans cet exemple le système ne permet pas de réaliser la diffusion en continuité sans arrêt en raison de la durée trop brève d'un plan (lecture 3) par rapport au temps de recherche du plan suivant. Il faut en effet rappeler ici la durée des recherches pouvant aller jusqu'à deux à trois secondes dans le cas d'images éloignées sur le disque.

Un remède à ce problème peut consister à ajouter un troisième disque, ce qui est fait dans le schéma suivant. Mais le coût actuel de gravure rend alors le procédé non viable économiquement.



Montage virtuel sur trois disques

Une autre solution utilisée par certains systèmes réside dans l'utilisation de lecteurs à deux têtes indépendantes, ce qui double le nombre d'accès parallèles possibles.

Mais ces lecteurs ne sont pas disponibles actuellement en version PAL. De plus, même si le nombre de disques (ou têtes) est important, le montage de séquences d'actions rapides mettra toujours le système en défaut.

La possibilité d'enregistrer des séquences sur magnétoscope permet pour le moment de contourner ce problème en autorisant un visionnement en continuité après report sur bande.

L'apport du montage virtuel au montage des films peut être comparé point par point avec celui des traitements de textes à la dactylographie:

- * il permet à l'utilisateur d'être détaché des problèmes de montage physique (resp. d'impression)
- * il autorise une grande liberté de réarrangement de blocs de films (resp. de textes)
- * des simulations de montage (resp. d'impression) peuvent être effectuées à

tout moment suivant le principe WYSIWYG ("What You See Is What You Get ")

* le document final est stocké sur ordinateur pour être soit monté (imprimé) en différé, soit transféré à un autre système, soit simplement archivé pour une utilisation future.

- **origine du projet Kinésis**

Ce projet a commencé à être défini au printemps 87 à l'initiative du Centre National de la Cinématographie et de sa division chargée des Nouvelles Technologies. Le travail a réellement démarré en mars 88 avec l'arrivée du financement du CNC.

La profession de monteur y est étroitement associée par l'intermédiaire de la Commission Montage au sein de de la Commission Supérieure Technique du Cinéma[Lanoë 84].

La société Aaton de Grenoble apporte ses connaissances des systèmes de montage virtuels existants et son expérience de gestion du temps codé du film à la vidéo avec retour au film [Beauviala 88].

- **systèmes disponibles**

Pour comprendre le projet Kinésis, il est essentiel de faire l'inventaire des systèmes précédents disponibles essentiellement aux Etats-Unis (format NTSC à 30 images/s) pour saisir l'intérêt de concevoir un nouveau système de montage virtuel.

Avant les premiers systèmes à base de vidéodisques, le montage de films par transfert en vidéo est apparu avec des systèmes linéaires (on-line) à base de magnétoscopes. Ces systèmes étaient l'adaptation au cinéma de bancs de montage vidéo classiques. Seule la gestion des points de montage étaient modifiée pour tenir compte des repères propres au cinéma (N° bobine, piétage et nombre d'images). Des systèmes de ce type ont été conçus au début des années 80 par Convergence, Bell & Howell, Control Vidéo, CMX... Même si l'utilisation de plusieurs bandes en sortie permettait de limiter les

temps des recopies, celles-ci étaient inévitables lors des modifications de collures. Dès lors la créativité du monteur était bridée par ces temps d'attente intempestifs...

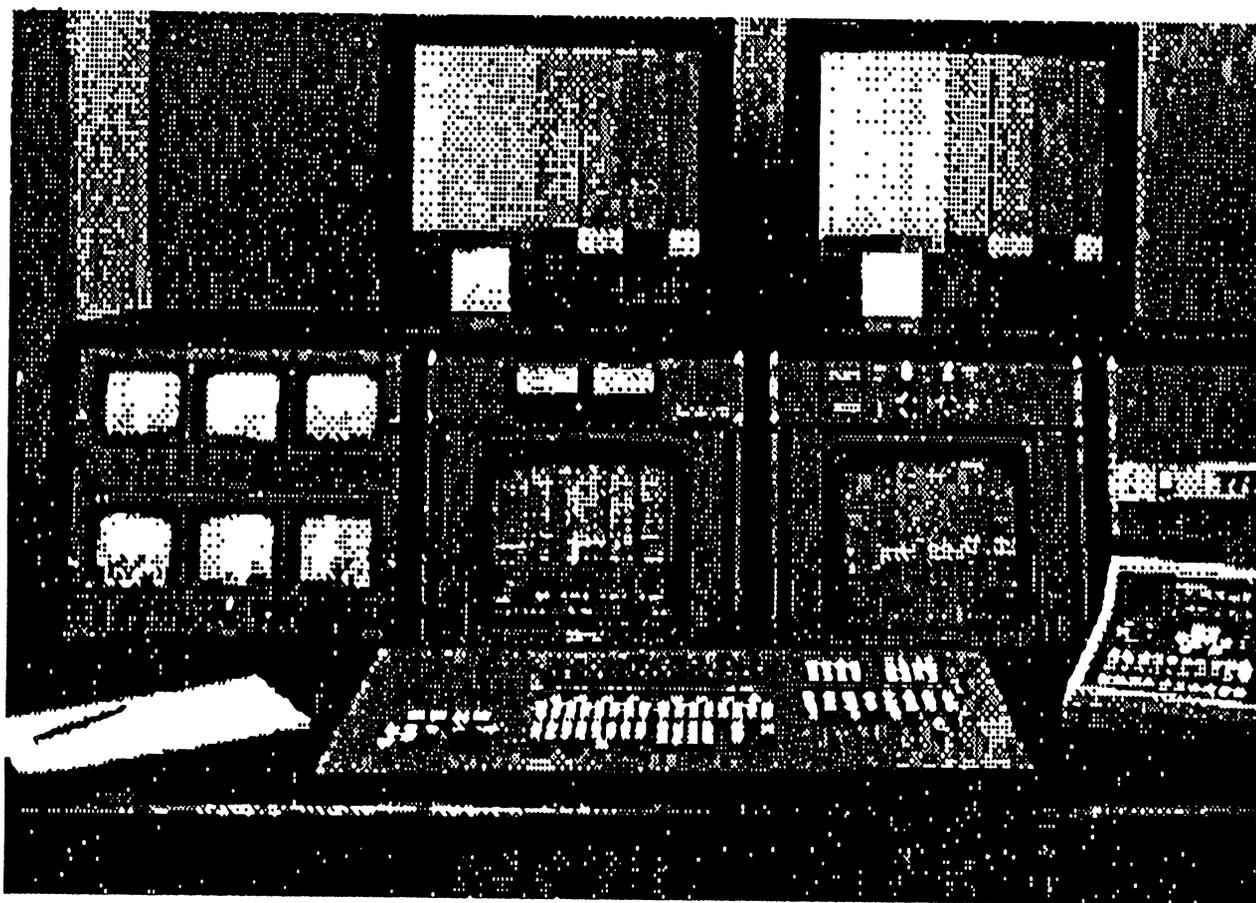
Les premiers systèmes non-linéaires (off-line) ont vu le jour dans les années 83-84. Le premier développé par Lucas Film appelé EditDroid, utilisait trop de disques à une époque où les systèmes de gravure de vidéodisque à l'unité n'étaient pas encore au point. Il a été abandonné au début de 87 après que plusieurs systèmes aient été livrés et soient encore utilisés aujourd'hui (en particulier au département audiovisuel de l'Université de Californie du Sud).

Les systèmes de montage non linéaire qui aujourd'hui occupent le marché sont au nombre de deux auxquels il est intéressant d'ajouter deux systèmes à base de bandes et de mémoire numérique mais dont l'utilisation s'apparente au montage virtuel.

SPECTRA-IMAGE

La société de post-production Spectra-Image de Burbank près de Los Angeles a développé depuis 84 un système original basé sur des vidéolecteurs de disques à deux têtes indépendantes appelés D220 [Ankerney 88], permettant des accès en moins d'une seconde. Elle a reçu en 87 le prix de la profession (Emmy Award) pour cet appareil. Ce système peut accepter jusqu'à cinq lecteurs donnant ainsi la possibilité soit d'utiliser 2 heures 30 de film soit de monter 30 minutes de prises simultanées avec cinq caméras. Le code temporel des prises de vue étant stocké dans les disques (en VITC ou dans une piste audio), le système crée automatiquement la liste des plans des rushes par déchargement des discontinuités des codes dans un fichier informatique mémorisé sur disque dur pouvant contenir jusqu'à 44 listes de 2000 points de montage.

Spectra-Image utilise les disques gravés ODC et possède trois appareils de gravure ODC 610 qui fonctionnent sans interruption. Elle propose des gravures au prix de 100\$ le disque par l'intermédiaire de sa filiale Laseredit. A ce jour elle annonce avoir gravé 16000 disques !

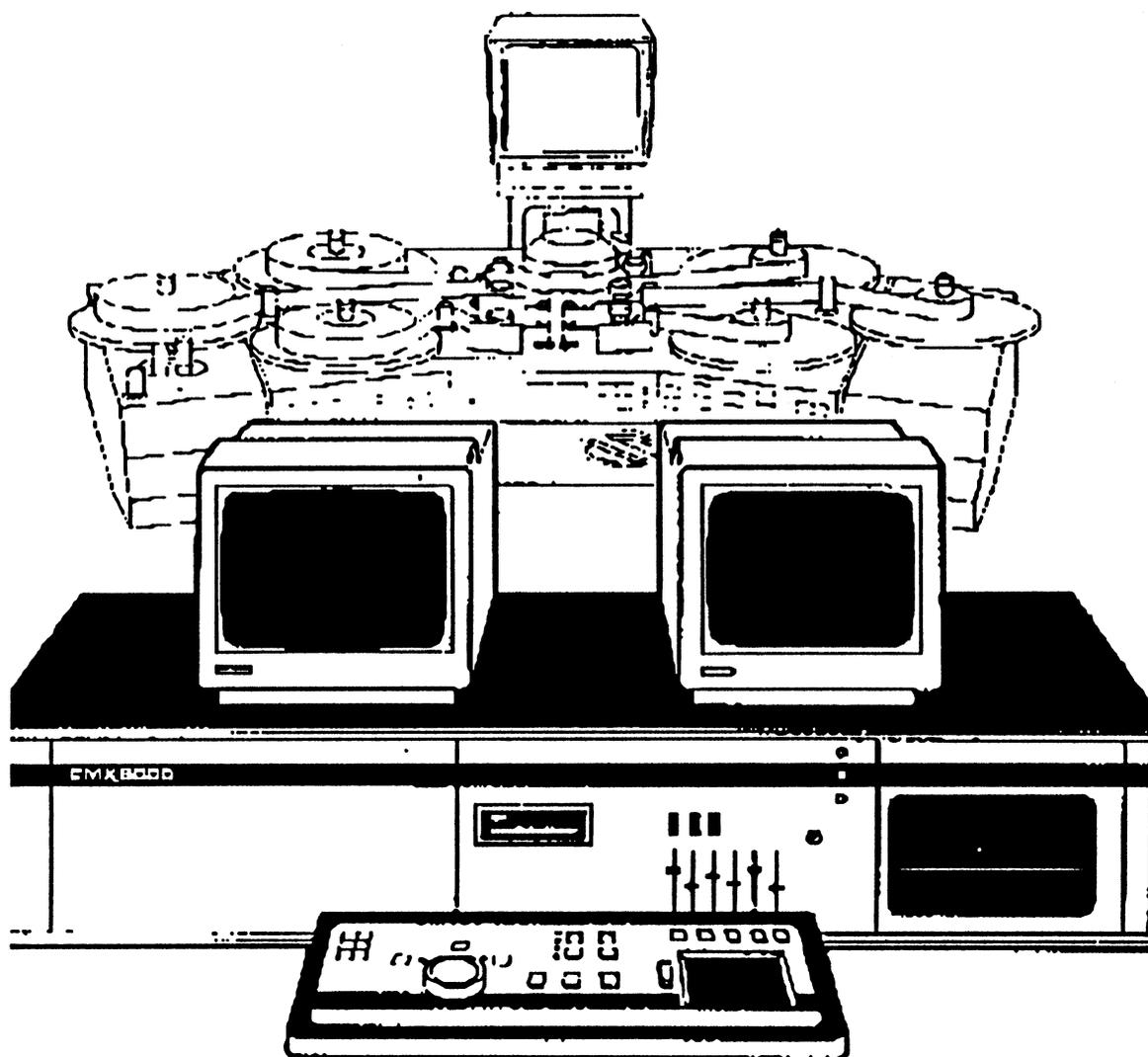


Spectra-Image

Début 88 Spectra-Image avait vendu 24 systèmes en Californie (dont 4 à Lorimar, 5 à Paramount...)

CMX 6000

La firme CMX de Santa Clara est connue pour ses systèmes de montage linéaire et ses bancs de montage sur magnétoscopes. Elle a néanmoins conçu et mis en vente mi-87 un système non linéaire appelé CMX 6000 [Ochiva 87]. Son système utilise 4 vidéolecteurs classiques Pioneer LD-V6000 (deux pour l'image et deux pour le son). Mais un développement est en cours avec ODC pour doubler le nombre de têtes des lecteurs. L'ergonomie du système ressemble à celle du système de Spectra, à savoir des menus imbriqués appelés par un ensemble de touches du clavier gravées spécialement. Un bouton rotatif du type de celui que l'on trouve sur les magnétoscopes permet des recherches à vitesse variable dans le montage. Le prix du système est d'environ 100 000 \$.



CMX: du montage film au montage vidéo

EDIFLEX

Le système Ediflex [Stanton 87] développé par la firme Cinelco de Glendale n'est pas à proprement parler du montage virtuel, puisqu'il gère des enregistrements partiels sur bande, mais il est intéressant par sa conception et l'ergonomie de son poste de travail.

Dans un premier temps, l'assistant du monteur entre dans la machine la liste des plans du scénario sous une forme codée par numéro de séquence et de plan. Il marque aussi le début et la fin de chaque prise et met celles-ci en relation avec le scénario.



Travail sur Ediflex

Ensuite le monteur n'a plus qu'à choisir la prise adéquate pour chaque plan et à affiner les raccords. Ce travail est effectué directement sur l'écran informatique à l'aide d'un photostyle. Douze magnétoscopes VHS synchronisés permettent d'anticiper les recherches. Le résultat final est reporté pour une copie en continuité sur une bande BVU 3/4 de pouce.

Ce système rencontre un grand succès en particulier pour le montage de séries télévisées où, du fait du nombre limité de prises, le monteur a un nombre de choix restreint à faire. Plus de soixante systèmes ont été vendus en particulier pour le montage de séries très connues (Dallas, Falcon Crest...)

MONTAGE PICTURE PROCESSOR

Ce système [Schuler 86] est aussi à base de 12 à 17 magnétoscopes Bétamax ou VHS mais il ajoute aux systèmes linéaires l'utilisation d'un gros disque Winchester pour stocker en N&B les images de début et de fin de 7 plans sélectionnés ou 4 secondes de film pour affiner une collure. Son interface à base de boutons rotatifs pour faire défiler les rushes et le montage et d'une tablette tactile semble bien étudiée.

Le système prend en compte tout le processus depuis la mise bout à bout des prises jusqu'à la fabrication de la liste de montage du négatif pour une conformation automatique. Son prix est de 175 000\$ (sans les magnétoscopes!).

• critique de ces systèmes:

En dehors de leur prix souvent supérieur à 600 000 F qui les rend utilisables uniquement pour des productions où la réduction de la durée de post-production est primordiale (séries...), la principale critique des systèmes actuels de montage virtuel (Spectra et CMX 6000) est la médiocre qualité de leur interface homme-machine dans laquelle on retrouve des systèmes de menus appelés par de multiples touches de fonction. D'autre part le scénario n'est pas mémorisé dans ces machines, ce qui empêche toute recherche de plan par un descriptif textuel par exemple. L'intégration à ces systèmes d'une mise en correspondance de prises avec un script comme dans Ediflex devrait permettre d'améliorer l'interface et de faciliter le travail du monteur.

D'autre part ces systèmes n'existent pas sur le marché européen car ils travaillent tous en standard NTSC à 30 images par seconde. En Europe la correspondance parfaite film-vidéo, dès lors que le tournage est effectué à 25 images/seconde au lieu de 24 ce qui est fait de plus en plus souvent, devrait être un atout supplémentaire pour un nouveau système.

2.3.3 Nouvelle approche du problème

L'informatisation d'un métier comme celui de monteur de cinéma ne peut se faire sans prendre en compte les habitudes de travail qui peuvent être différentes d'un monteur à l'autre. Cette adaptation de l'outil à l'homme est indispensable pour faciliter l'appropriation du système par l'utilisateur.

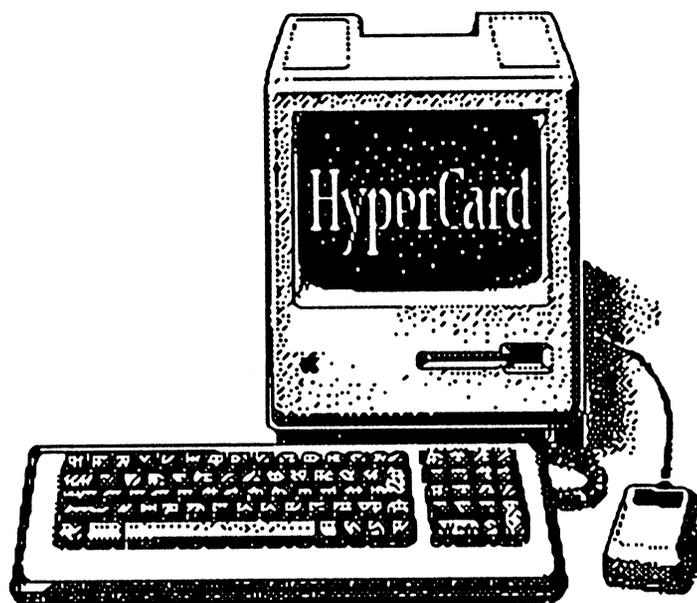
Un tel système adaptatif permet de réaliser un couplage optimal de l'homme et de la machine.

Par ailleurs, la technique du montage varie beaucoup en fonction du type de travail à réaliser: montage de films de fiction, de séries télévisées ou de films documentaires. Un système trop rigide qui nivellerait les connaissances serait un mauvais compromis qui en fait risquerait de ne convenir à personne et de demeurer à l'état de prototype inutilisé.

• ergonomie de l'interface homme-machine

Pour permettre une évolution simple et rapide du produit, l'utilisation d'un générateur d'interfaces est indispensable. Ainsi, les modifications souhaitées par le monteur en position d'apprentissage et d'expérimentation du prototype peuvent être aisément réalisées. Le choix des outils de dialogue et de la présentation des écrans peut être laissé dans une grande mesure au monteur. Celui-ci devient ainsi un des concepteurs du système qu'il peut modeler suivant ses besoins avec l'aide d'un informaticien.

Un générateur d'interfaces comme **Hypercard™** [Goodman 88], conçu pour les ordinateurs Apple, convient tout à fait à ces objectifs. Dans ce logiciel, les outils de dialogue (boutons, champs, fenêtres,...) sont aisément modifiables même par un non-informaticien. Il intègre un système de gestion de fiches (ou cartes) permettant des relations croisées qui en fait à ce point de vue un début de système de gestion de bases de données très suffisant pour cette application.



Par ailleurs Hypercard permet l'adjonction de nouvelles commandes programmées (appelées commandes externes) qui permettent d'une part d'enrichir son langage (Hypertalk) par des actions non prévues, comme le pilotage des vidéodisques, et d'autre part de résoudre les problèmes de synchronisation et de temps de réponse cruciaux dans le cas du montage virtuel en compilant les parties de programmes temps réel. L'ensemble de ces commandes constitue une sorte de bibliothèque associée à l'application. Leur activation a lieu sur le déclenchement d'événements provenant de l'utilisateur (clics de la souris, frappe au clavier,...) ou d'événements détectés par d'autres commandes (image cherchée atteinte,...).

Un autre intérêt d'utiliser Hypercard est de pouvoir profiter des développements nombreux effectués avec ce système qui sont proposés souvent sous forme *de logiciel libre* comme le veut la philosophie du concepteur d'Hypercard.

L'outil de dialogue préférentiel est la souris, qui peut être remplacée par une boule roulante suivant les goûts du monteur. Dans les phases où le monteur ne doit pas quitter des yeux son moniteur vidéo diffusant les prises, des raccourcis au clavier peuvent facilement être associés aux clics de la souris.

- **rushes et montages en cours sous forme d'hypertextes**

La gestion du matériel énorme que reçoivent les équipes de montage prend un temps considérable. Les systèmes actuels ne proposent aucune aide à ce niveau. Pourtant la disponibilité des informations de tournage permet de gagner en fin de compte du temps et d'éviter beaucoup d'erreurs de manipulation.

Des recherches variées par contexte sont possibles pour retrouver des prises ou des plans de coupe non prévus dans le découpage. Hypercard permet d'archiver les bloc-notes de la script (piles des prises) et du monteur (piles des montages déjà effectués) d'une façon souple en donnant les possibilités d'accès variés et non directifs (hypertextes).

- **contrôle parfait du retour au film: le temps codé cinéma**

Le but du montage virtuel appliqué au cinéma est d'abord d'aider au montage de films. Il est donc indispensable de maintenir à tout moment une correspondance parfaite entre les repères film et les repères vidéo (code temporel).

L'utilisation du code habituel des films (piétage et numéro d'image) ne permet pas un repérage parfait. Des plans de quelques images peuvent être coupés entre deux repères du nombre de pieds sur le bord de la pellicule. Dans ce cas, la description du contenu des images ne suffit pas à éviter les erreurs. D'autre part ce système de repérage nécessite un long travail manuel de report de ces informations dans une liste de montage.

La solution préconisée par Aäton et par Kodak consiste à reporter sur le film un système de codage des images analogue au code temporel SMPTE de la vidéo.

Le système DataKode de Kodak consiste à recouvrir le positif sur toute sa largeur d'une fine couche magnétique transparente et d'y inscrire le code-temps SMPTE adapté à la vitesse de 24 ou 25 images par seconde du cinéma.

Le système Film Data Track de Aäton est plus original. Il consiste à utiliser

des caméras spéciales permettant d'inscrire entre le film et les perforations une matrice binaire de repérage grâce à une barre de diodes électroluminescentes venant illuminer le négatif. Régulièrement ces diodes inscrivent aussi le code temporel en clair pour une lecture directe sur le film par le monteur. Les caméras sont synchronisées avec le magnétophone d'enregistrement du son-plateau sur la même base de temps donnée par une horloge unique. Ainsi une correspondance parfaite est établie dès la prise de vues entre son et image et les deux codes font directement partie du support. Le système d'Aäton permet d'inscrire d'autres informations dans les codes-utilisateurs comme les dates, numéro de séquence, de prise, de caméra...

Il est adopté et distribué par le constructeur de caméras Panavision et commence à être utilisé dans de nombreuses productions.

Pour utiliser ces codes dans la chaîne de montage virtuel deux solutions sont possibles:

* créer un fichier informatique de ces codes au niveau des opérations de télécinéma. En effet ce code est déjà lu à ce niveau par un capteur connecté à un micro-ordinateur; l'écriture d'un tel fichier ne pose pas de réel problème. Ce fichier sera conservé pendant tout le montage virtuel pour retrouver les codes cinéma et les indications de tournage.

* reporter ce code dans le signal vidéo de la bande copiée par le télécinéma [Oudin 87]. Cette solution permet de continuer à lier physiquement les codes avec le support vidéo et de minimiser les risques d'erreurs. Elle est facilitée en Europe par les fréquences égales des images cinéma et vidéo à 25 images par seconde. Ce code peut en effet être placé en VITC pendant le retour de trame dans des lignes disponibles. Il sera préservé lors de la gravure des vidéodisques.

Le report en VITC de ce code assure un retour parfait au film et permet d'envisager une conformation automatique du négatif d'après un fichier généré par la station de montage virtuel ou mieux directement par lecture du code dans le signal vidéo d'une copie sur bande vidéo du montage. Ainsi tout risque d'erreur de recopie manuelle ou informatique du code est éliminé.

2.3.4 Réalisation du projet

• présentation de l'outil actuel

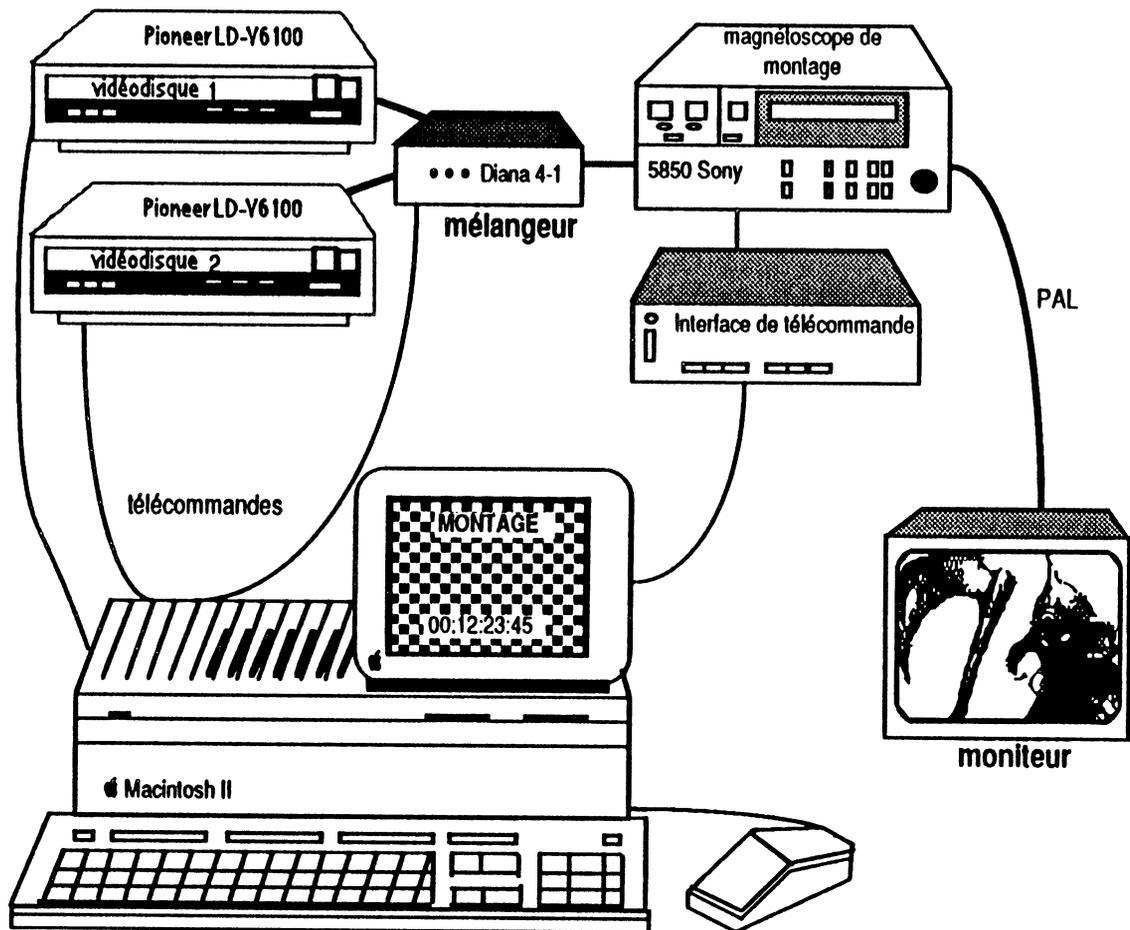
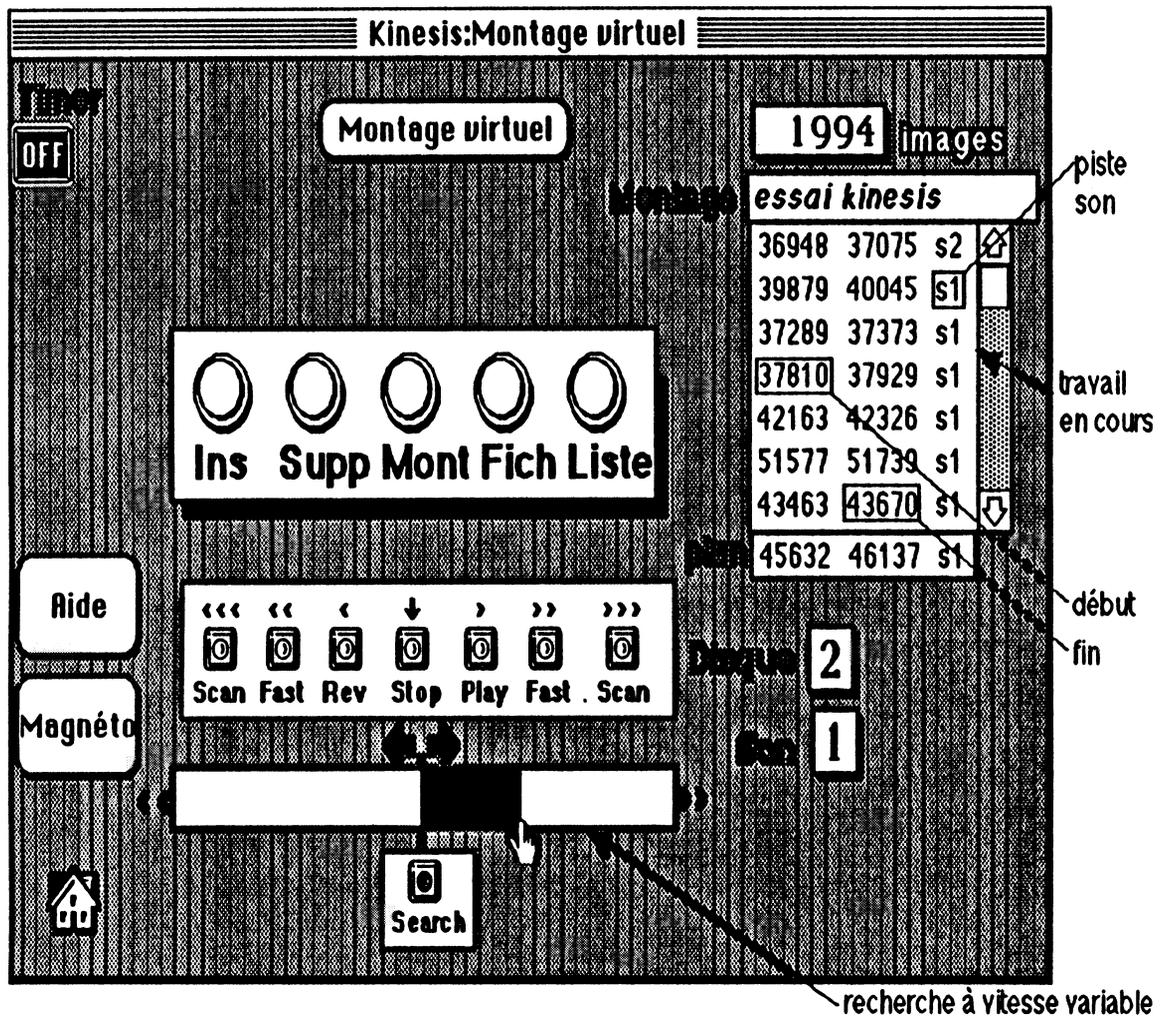


Schéma de la station de montage virtuel

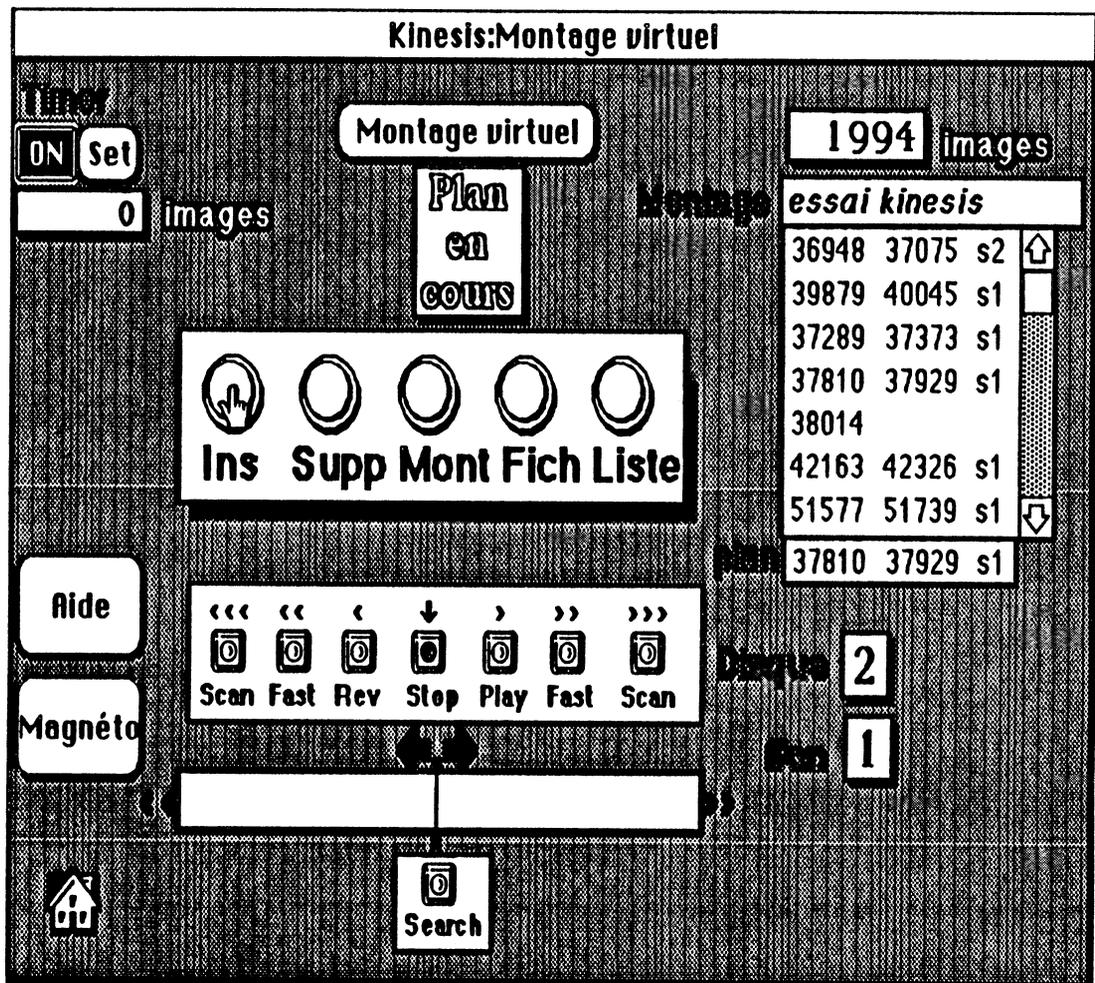
Un prototype de programme de montage virtuel a été développé sur ordinateur Apple Macintosh II dans l'environnement Hypercard. Au stade actuel, ce programme permet de simuler des plans pris sur les vidéodisques, de modifier les collures et d'enregistrer une séquence montée sur magnétoscope sous contrôle de l'ordinateur central. La constitution d'un vidéodisque avec de vrais rushes et un code temporel cinéma par le procédé Film Data Track de Aäton étant en cours, les repères actuels utilisés sont simplement les numéros d'image Laservision.



Ecran principal de Kinésis

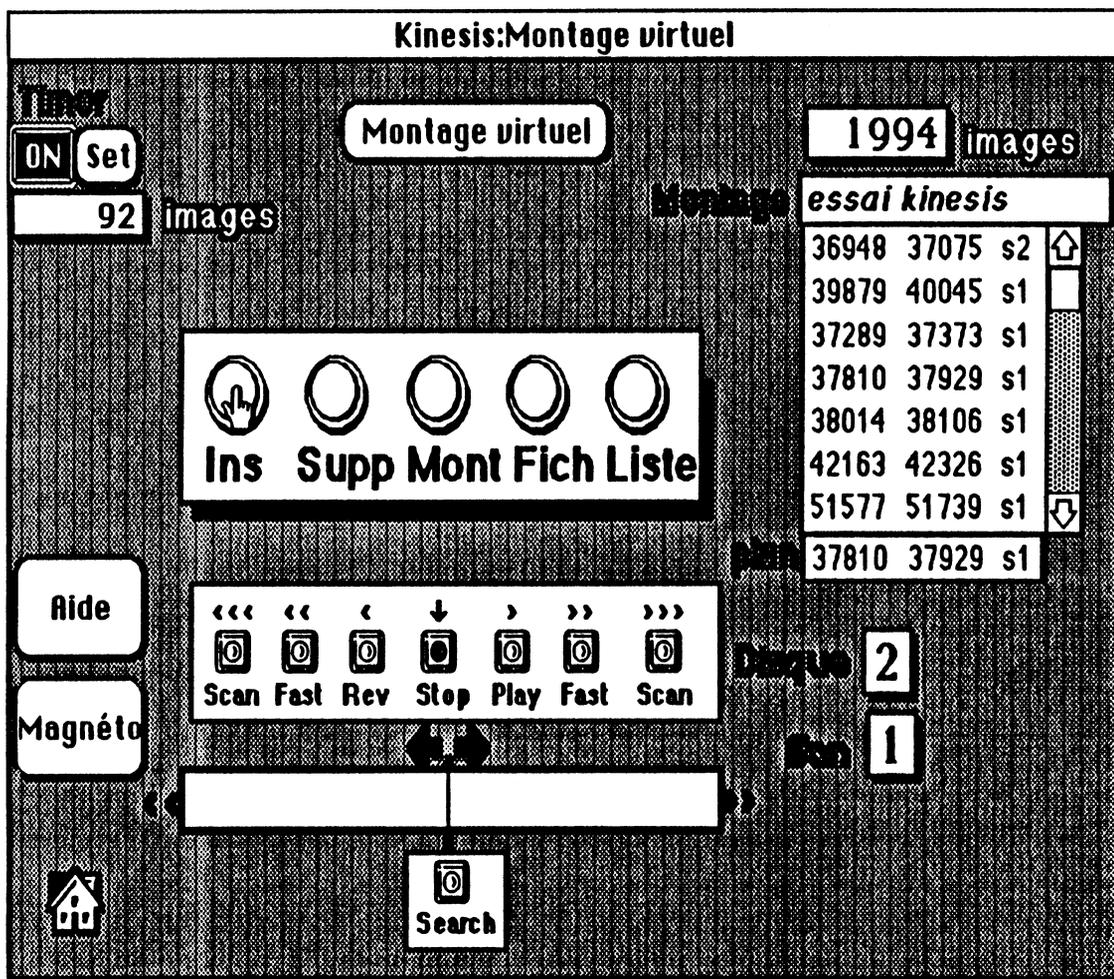
La gestion des prises et des indications de tournage sera réalisée en collaboration avec un monteur sur des données réelles. L'ergonomie finale du produit sera également mise au point pendant cette phase de validation. Les écrans présentés ici ne sont qu'une proposition de travail.

L'insertion d'une collure dans la liste de montage est effectuée par un simple clic de la souris sur le bouton d'insertion.



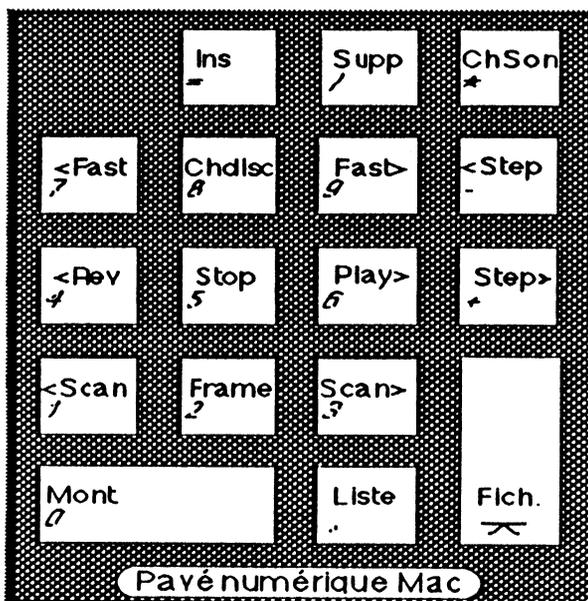
Insertion d'une collure (début du plan)

Les télécommandes des vidéodisques et du magnétoscope sont effectuées directement par des commandes externes programmées ajoutées à Hypercard™ permettant d'assurer une parfaite synchronisation des appareils. L'ensemble représente plus de 2000 lignes du langage Hypertalk, mais la facilité d'utilisation d'Hypercard™ a permis d'écrire et de tester ce prototype en quelques mois de travail (à ce sujet il est intéressant de noter que la transcription de la gestion des magnétoscopes qui avait été réalisée en trois mois sur compatible s'est faite en trois semaines avec Hypercard™).

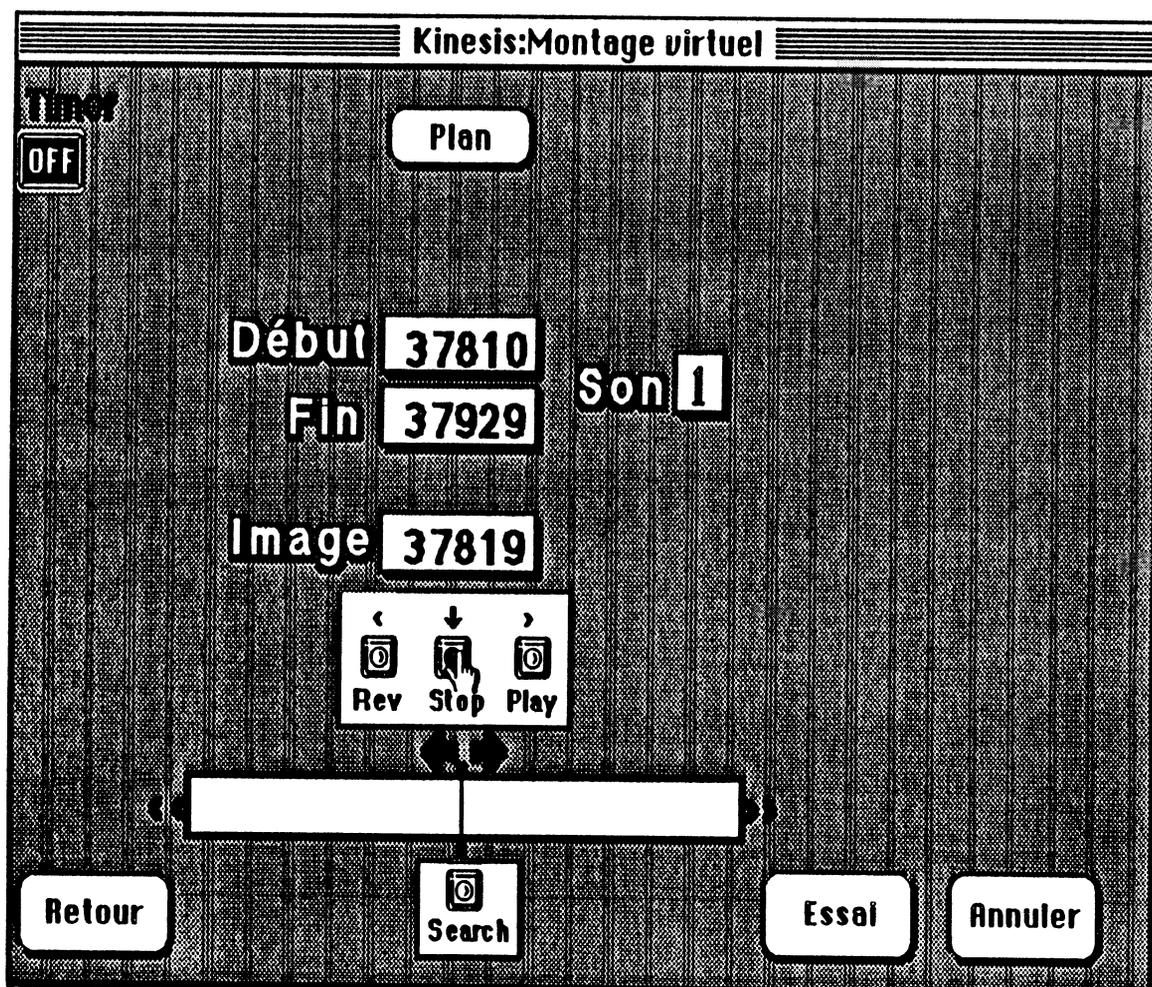


Insertion d'une collure (fin du plan)

L'ensemble des commandes de montage peut être appelé aussi bien par la souris que par la frappe d'un caractère du clavier numérique, ce qui permet au monteur de ne pas quitter des yeux le moniteur vidéo reproduisant les images des disques:

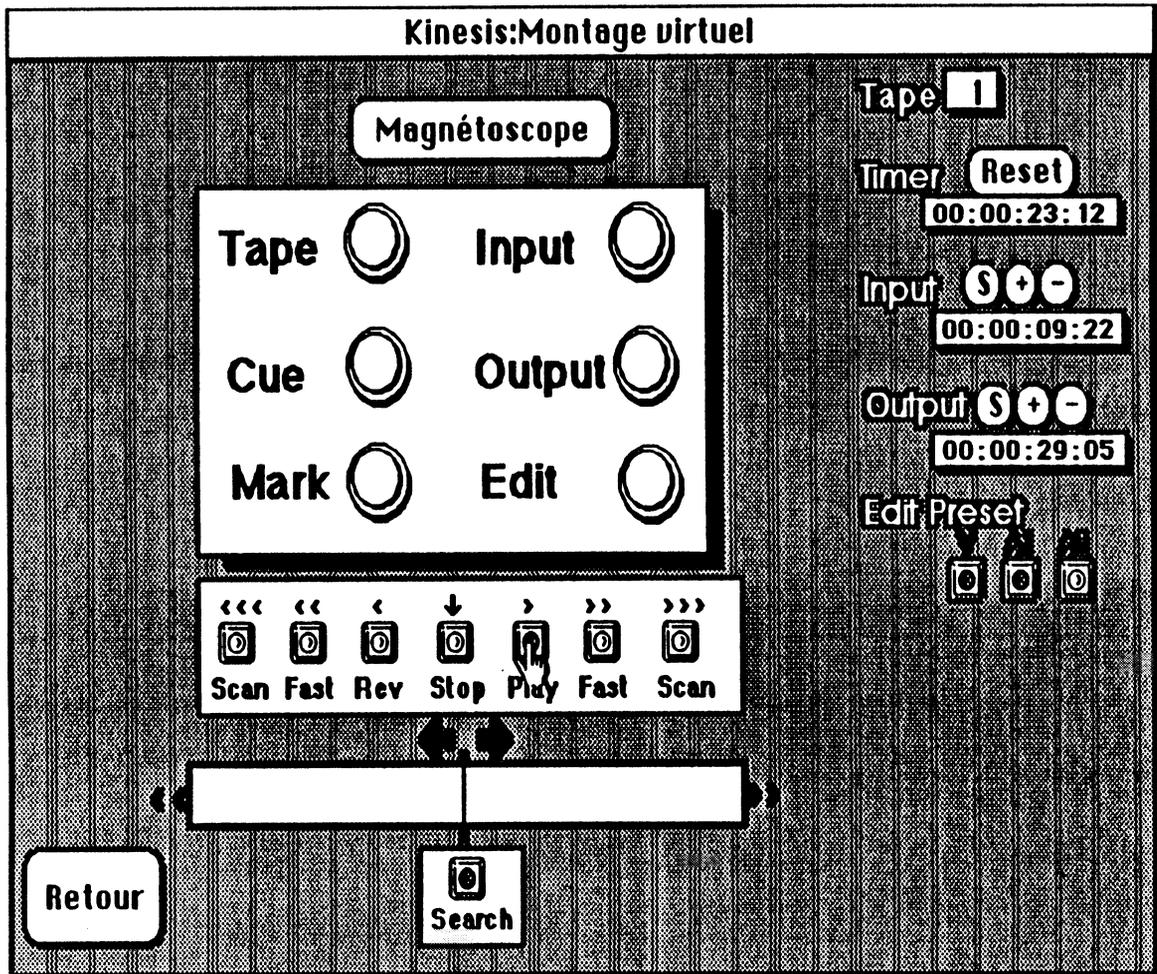


Un plan peut être modifié à volonté par un écran spécial:



Le décalage entre l'image et le son sera intégré à ce niveau ainsi que les effets spéciaux cinéma simples (fondus, volets, ...) qui seront simulés par la carte DIANA 4-1 en cours de réalisation par Project-Images. Cette carte permettra de synchroniser les signaux vidéo des différents appareils et de simuler directement les effets cinéma classiques (voir annexe 4). Actuellement les monteurs sur films ne peuvent qu'imaginer les résultats des effets qu'ils indiquent au laboratoire...

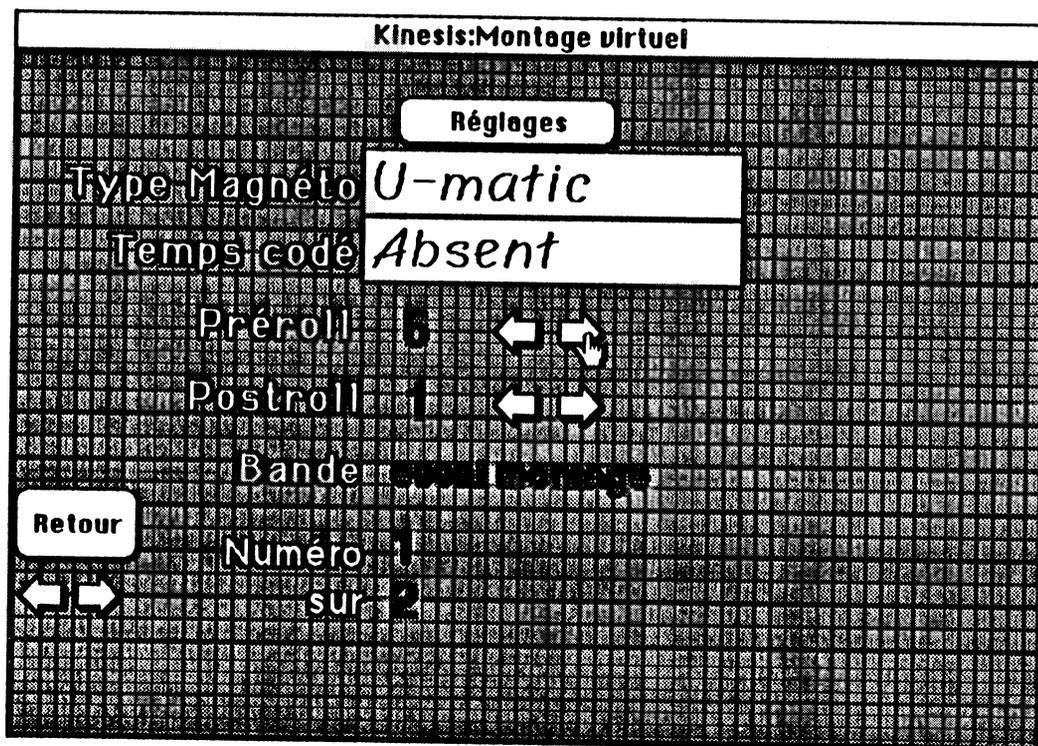
L'enregistrement optionnel sur magnéto de montage (avec ou sans temps codé) peut être réalisé automatiquement ou par un écran spécial.



Contrôle de l'enregistrement

Le système gère une bibliothèque avec possibilité d'attacher à chaque bande un fichier des repères placés par l'utilisateur pour retrouver instantanément une position sur la bande par un menu spécial activé par le bouton *cue* (*pop-up menu*).

La reconnaissance automatique et les paramètres du montage sont confirmés par un écran spécial en page suivante.



Réglages du montage sur bande

• prolongements

La fabrication d'un couple de vidéodisques-test à partir de rushes réalisés par la Société Française de Production avec le code temporel film est en cours. Elle permettra de valider le prototype en vraie grandeur (monteur et vrais rushes) et de réaliser les indispensables adaptations au travail du monteur en incluant la gestion des indications de tournage et du scénario.

Ce projet doit ensuite évoluer pour s'adapter aux nouveaux supports optiques (avec l'apparition annoncée des vidéodisques réenregistrables) permettant une percée de ce système encore limité par les coûts de gravure des vidéodisques.

Conclusion

Depuis une dizaine d'années, l'édition électronique (desktop publishing) et la télématique ont révolutionné les métiers de la communication. Hommes d'affaires, journalistes, scientifiques,... utilisent largement ces moyens pour taper et envoyer leurs textes à travers le monde rapidement et sans risque d'erreur de transmission. L'utilisation de plus en plus fréquente des satellites permet d'abolir les distances.

L'édition électronique d'images (desktop mastering) et leur transmission viennent aujourd'hui compléter ce dispositif. Mais deux freins empêchent le développement de ces techniques. D'une part, la quantité énorme d'informations nécessaire à la numérisation d'une image naturelle entraîne le besoin de mémoires de masse de taille considérable pour stocker les images et augmente fortement les coûts et délais de transmission. D'autre part, l'édition électronique d'images nécessite des systèmes performants et des affichages couleur de qualité. Le prix des palettes électroniques disponibles ces dernières années limitait leur utilisation aux grands médias.

Ces barrières sont en train de tomber. De nouvelles technologies sont annoncées dès cette année. D'un côté les techniques de compression d'images mises au point pour le disque DVI (Digital Vidéo Interactive) permettront d'archiver en quelques secondes et de restituer à la vitesse du signal vidéo des images numérisées occupant beaucoup moins de place. Le développement des supports optiques et l'arrivée des disques magnéto-optiques réenregistrables permettront de faire chuter considérablement le prix du stockage des images. La baisse du coût et l'amélioration des performances des télétransmissions avec le lancement en France du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) des Télécoms contribueront aussi au développement de l'édition électronique d'images.

Côté matériel, si les palettes graphiques les plus performantes restent encore peu accessibles, de nombreux progrès ont été réalisés pour intégrer la micro-informatique et l'image. Les scanners et cartes d'acquisition permettent la numérisation d'images sur la plupart des micro-ordinateurs. Les performances des boîtes à outils graphiques et des cartes spécialisées rendent possibles la conception de palettes graphiques évoluées voire de programmes d'animation sur des matériels réservés jusqu'ici à la bureautique. Des agences de presse par exemple équipent leurs rédactions et leurs clients de micro-ordinateurs pour la création et la transmission d'illustrations informatisées.

Faut-il en conclure que l'image analogique va disparaître au profit de l'image numérique ? Certainement pas ! La masse d'images accumulées sur support papier, photographique, film ou vidéo ne saurait être transcrite en numérique. Beaucoup d'applications informatisées n'ont nul besoin d'intervenir sur le contenu des images mais demandent des systèmes d'accès rapides aux documents.

Dans l'édition par exemple, des agences d'images, des centres de documentation archivent leur fonds iconographique sur support optique analogique pour créer des imageurs documentaires à la disposition de leurs clients et usagers. Dans l'industrie de l'audiovisuel, la complexité et le coût croissants des matériels nécessitent une utilisation optimale pour augmenter leur productivité et survivre face à la concurrence. Le développement de véritables réseaux locaux hétérogènes audiovisuels permettra d'aller encore plus loin dans cette voie. L'apport du couplage informatique-vidéo est essentiel pour gommer les temps non productifs en laissant l'utilisateur plus libre pour créer. Le montage virtuel de films s'inscrit tout à fait dans cette optique.

D'autres secteurs devraient bénéficier de ces nouvelles technologies intégrant informatique et image, comme l'enseignement assisté par ordinateur, si important aujourd'hui face à la demande croissante du secteur éducatif. La

Communauté Européenne a bien saisi l'enjeu de ces techniques en lançant en 88 une action communautaire de recherche et développement appelée programme DELTA (Developping European Learning through Technological Advances) dont les objectifs visent à développer l'utilisation des systèmes multi-médias dans le domaine de l'apprentissage à distance.

Annexe 1: Télécommandes de magnétoscopes **(Sony U-matic, BVU et Bétacam)**

La télécommande des magnétoscopes s'effectue par un port série à la norme RS 422 à la vitesse de 38 400 bauds suivant un codage DCB des commandes avec contrôle de parité. A chaque commande un accusé de réception est reçu. Des contraintes très strictes de délai nécessitent l'envoi des commandes et des acquittements sans interruption de plus de 10 ms.

Les commandes essentielles sont les suivantes:

Device Type Request:	demande du nombre d'images par seconde
Stop:	arrêt avec retrait des têtes (sauf U-matic)
Play:	lecture avant
Eject:	éjection de la cassette (sauf U-matic)
FF:	avance rapide
Jog Fwd:	recherche en jog en avant
Shtl Fwd:	recherche en shuttle en avant
Rew:	retour rapide
Jog Rev:	recherche en jog en arrière
Shtl Rev:	recherche en shuttle en arrière
Preroll:	lancement d'un preroll avant le point d'entrée
Cue Up With Data:	recherche de l'image indiquée et arrêt
Timer 1 Reset:	mise à zéro du compteur
In Entry:	pose du point d'entrée de montage au vol
Out Entry:	pose du point de sortie de montage au vol
In + Shift:	incrément du point d'entrée
In - Shift:	décrément du point d'entrée
Out + Shift:	incrément du point de sortie
Out - Shift:	décrément du point de sortie
Edit Preset:	choix du mode de montage
Preroll Time Preset:	choix de la durée de preroll
Current Time Sense:	lecture du compteur d'images
In Data Sense:	lecture du point d'entrée

Out Data Sense:	lecture du point de sortie
Status Sense:	lecture des informations d'état
Timer Mode Sense:	demande du mode de comptage
Rec:	début de l'enregistrement
Var Fwd:	recherche à vitesse variable en avant
Var Rev:	recherche à vitesse variable en arrière
Full EE Off:	sélection du signal vidéo d'entrée
Full EE On:	sélection du signal vidéo de sortie
Edit Off:	arrêt du montage
Edit On:	début du montage
Time Code Preset:	initialisation de l'horloge de code temporel
Users Bit Preset:	choix des informations-utilisateur (user-bits)
In Data Preset:	choix du point d'entrée
Out Data Preset:	choix du point de sortie
Timer Mode Select:	choix du type de comptage

Annexe 2 : Télécommandes des vidéolecteurs (Pioneer LD-V6100)

La télécommande des vidéolecteurs s'effectue par un port série à la norme RS 232 suivant un codage ASCII des commandes. A chaque commande un accusé de réception peut être reçu ou non, au choix, suivant le code envoyé à la commande d'initialisation.

Initialisation du vidéolecteur:

code	#	←┘
------	---	----

Lecture (et démarrage):

image	P	←┘
-------	---	----

↙ N° d'Image Laservision

Le paramètre peut être omis; dans ce cas la lecture s'effectue en avant. Sinon, il indique le sens de lecture et l'image d'arrêt. Cette commande sert au démarrage à lancer la rotation du disque et la lecture depuis l'image 1.

Auto-stop:

image	T	←┘
-------	---	----

↙ N° d'Image Laservision

Lecture dans le sens implicite avec arrêt sur le numéro d'image obligatoire.

Arrêt sur image:

U	←┘
---	----

Incrément/Décrément d'image:

W	←┘
---	----

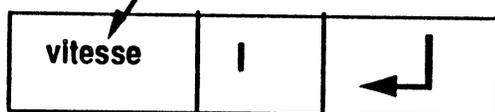
Avance d'une image

V	←┘
---	----

Recul d'une image

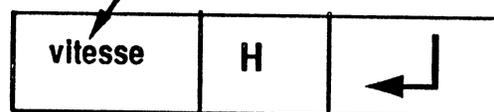
Choix de la vitesse de lecture:

de 1 à 3 fois



Accélééré

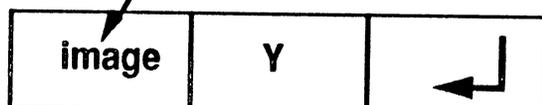
de 1 à 1/127 fois



Ralenti

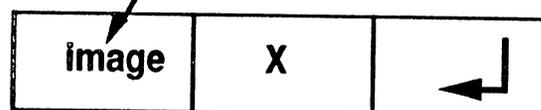
Lecture à vitesse variable (définie par la commande précédente)

N° d'image Laservision

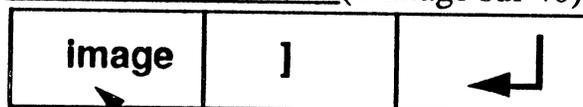


lecture avant

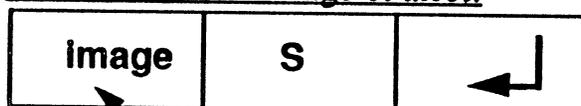
N° d'image Laservision



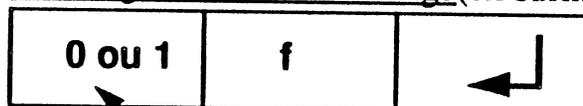
lecture arrière

Lecture en mode scan (1 image sur 40)

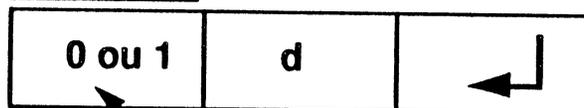
N° d'image Laservision

Recherche d'une image et arrêt:

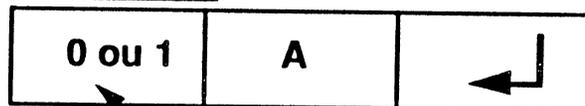
N° d'Image Laservision

Affichage du numéro d'image(en surimpression)

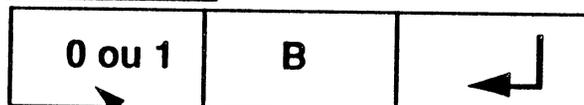
0=off 1=on

Sortie vidéo:

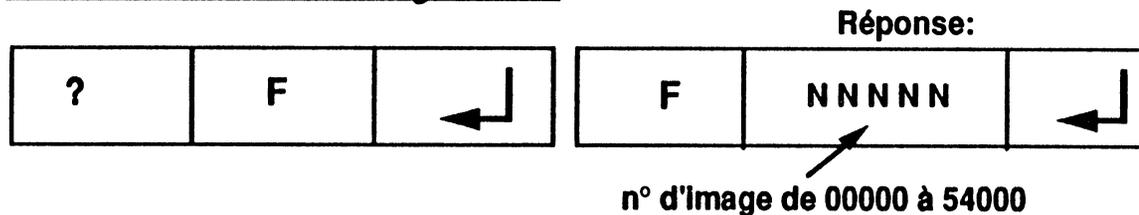
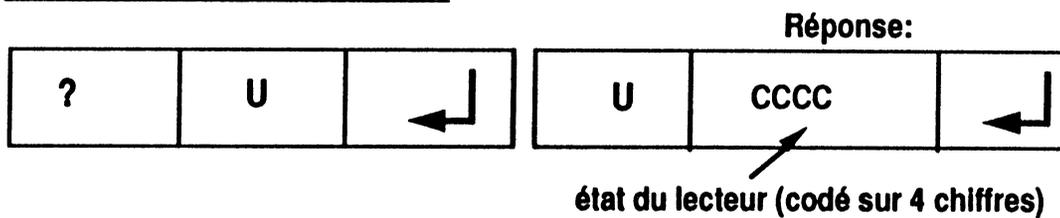
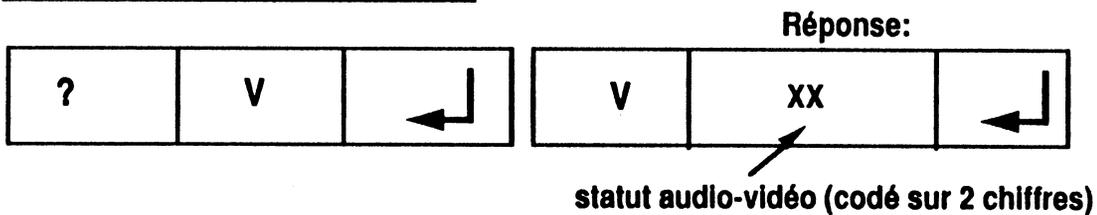
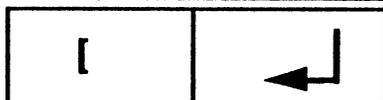
0=off 1=on

Sortie audio1:

0=off 1=on

Sortie audio2:

0=off 1=on

Demande du numéro d'image atteint:Demande du statut du lecteur:Demande du statut audio-vidéo:Arrêt et ouverture du tiroir:

Annexe 3 : Primitives de commande **des magnétoscopes dans G_Anim**

Remarques:

- sauf indication contraire, les valeurs du compteur sont transmises sous forme d'un entier long contenant le nombre d'images depuis le zéro de la bande.
- les primitives retournent la valeur 0 sans erreur sinon un code d'erreur.

1. Primitive nécessitant l'intervention de l'utilisateur:

Attention: cette primitive travaille en page vidéo 1. Au retour elle réaffiche la page zéro. La souris est installée si elle existe en émulation du pavé de déplacement du curseur.

```
/* choix d'une zone de montage */
/* demande de placer un point d'entrée de montage sur une bande montée */
/* éventuellement un point d'arrêt de montage */
/* en indiquant le nombre d'images à monter */
/* pin et parr pointent sur les valeurs des points d'entrée et d'arrêt */
/* (ou sur zéro si pas de point d'arrêt) */
int Choix_Zone_Bande (nbima,pnumbande,pin,parr)
long int nbima;int * pnumbande;long int * pin,parr;
```

2. Primitives ne nécessitant pas d'intervention de l'utilisateur:

```
/* demande la valeur du compteur du magnéto relié au port numport */
/* tempo est mis à jour pour moduler l'attente et éviter trop d'appels */
/* si la valeur est changée l'affichage du compteur est réalisé */
/* si att=1 une attente active modulée par tempo est effectuée */
/* si att=2 la valeur n'est demandée que si DELAI s'est écoulé */
/* lecture du compteur d'une bande */
int Compteur_Bande(numbande,pcompteur,att)
int numbande,att;
long int *pcompteur;

/* attente d'un stop du magnéto relié au port numport */
attstop(numport)
int numport;
```

/ attente d'une pause du magnéto relié au port numport */*

attstill(numport)

int numport;

/ attente de la fin de recherche (cue) du magnéto relié au port numport */*

attcue(numport)

int numport;

/ montage d'une bande */*

/ numport: numéro du port série de 1 à 4 */*

/ numbande: numéro de la bande à monter */*

/ lecture=1 si lecture seule 0 sinon */*

int Monter_Bande(numport,numbande,lecture)

int numport,lecture; int *numbande;

/ démontage d'une bande */*

int Demonter_Bande(numbande)

int numbande;

/ pour commuter le signal vidéo d'interne en externe*

*(pour PREVIEW par exemple) */*

int Entree_Signal_Bande(numbande)

int numbande;

/ pour commuter le signal vidéo d'externe en interne*

*(pour PREVIEW par exemple) */*

int Sortie_Signal_Bande(numbande)

int numbande;

/ pour un choix auto du signal vidéo de sortie */*

int Auto_Signal_Bande(numbande)

int numbande;

/ Entrée vidéo comme référence éventuelle de synchro */*

int Vid_Ref_Bande(numbande)

int numbande;

```
/* Entrée synchro comme référence de synchro */  
int Sync_Ref_Bande(numbande)  
int numbande;  
  
/* positionnement (cue) d'une bande */  
int Positionner_Bande(numbande,position)  
int numbande;long int position;  
  
/* avance rapide d'une bande */  
int Avance_Rapide_Bande(numbande)  
int numbande;  
  
/* retour rapide d'une bande */  
int Retour_Rapide_Bande(numbande)  
int numbande;  
  
/* lecture d'une bande */  
int Lecture_Bande(numbande)  
int numbande;  
  
/* stop d'une bande */  
int Stop_Bande(numbande)  
int numbande;  
  
/* pause d'une bande */  
int Pause_Bande(numbande)  
int numbande;  
  
/* lecture lente d'une bande */  
/* short int vitesse de 0 (pause) à FF (vitesse normale=0x40) */  
int Lecture_Lente_Bande(numbande,vitesse)  
int numbande;short int vitesse;  
  
/* lecture arrière lente d'une bande */  
/* short int vitesse de 0 (pause) à FF (vitesse normale=0x40) */  
int Lecture_Arriere_Bande(numbande,vitesse)  
int numbande;short int vitesse;
```

```
/* avance une bande d'un nombre d'images */  
int Avancer_Bande(numbande,nbima)  
int numbande;long int nbima;
```

```
/* recule une bande d'un nombre d'images */  
int Reculer_Bande(numbande,nbima)  
int numbande;long int nbima;
```

```
/* point d'entrée de montage d'une bande */  
int Point_Entree_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* point de sortie de montage d'une bande */  
int Point_Sortie_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* incrément point d'entrée de montage d'une bande */  
int Incr_Entree_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* incrément point de sortie de montage d'une bande */  
int Incr_Sortie_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* décrétement point d'entrée de montage d'une bande */  
int Dec_Entree_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* décrétement point de sortie de montage d'une bande */  
int Dec_Sortie_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* préroll d'une bande */  
int Preroll_Bande(numbande)  
int numbande;
```

```
/* edit preset d'un magnéto */  
int Edit_Preset_Bande(numbande,mode)  
int numbande,mode;
```

```
/* edit d'une bande */
```

```
/* remplace le point d'entrée après édit par la valeur du point de sortie */
```

```
int Edit_Bande(numbande)
```

```
int numbande;
```

```
/* edit avec synchro externe d'une bande */
```

```
/* retour au moment où l'enregistrement va démarrer*/
```

```
int Edit_Synchro_Bande(numbande)
```

```
int numbande;
```

```
/*preview d'un montage de bande */
```

```
int Preview_Bande(numbande)
```

```
int numbande;
```

```
/* preview avec synchro externe d'une bande */
```

```
/* retour au moment où la commutation du signal va s'opérer */
```

```
int Preview_Synchro_Bande(numbande)
```

```
int numbande;
```

```
/* pose d'un point d'entrée d'une bande */
```

```
int Placer_Entree_Bande(numbande,position)
```

```
int numbande;long int position;
```

```
/* pose d'un point de sortie d'une bande */
```

```
int Placer_Sortie_Bande(numbande,position)
```

```
int numbande;long int position;
```

```
/* lecture du point d'entrée d'une bande */
```

```
int Lire_Entree_Bande(numbande,pin)
```

```
int numbande;long int *pin;
```

```
/* lecture du point de sortie d'une bande */
```

```
int Lire_Sortie_Bande(numbande,pout)
```

```
int numbande;long int *pout;
```

/ arrêt d'un enregistrement lancé avec synchro externe */*

/ remplace le point d'entrée après édit par la valeur du point de sortie */*

int Stop_Edit(numbande)

int numbande;

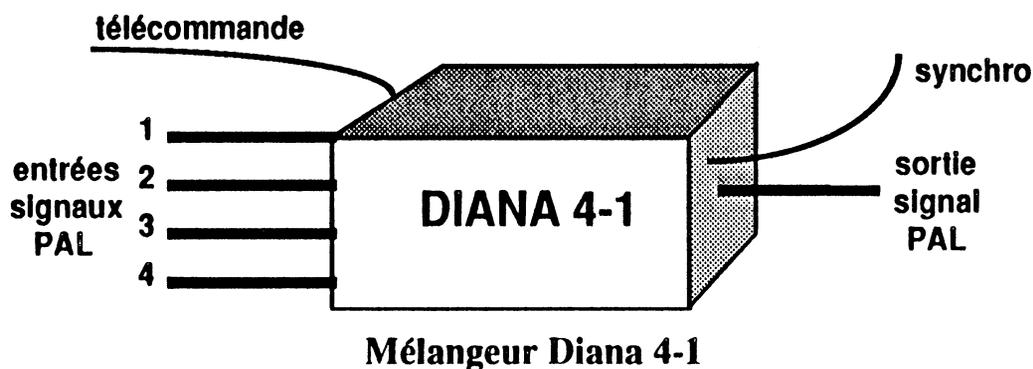
/ arrêt d'un preview lancé avec synchro externe */*

int Stop_Preview(numbande)

int numbande;

Annexe 4 : Commandes du mélangeur Diana 4-1

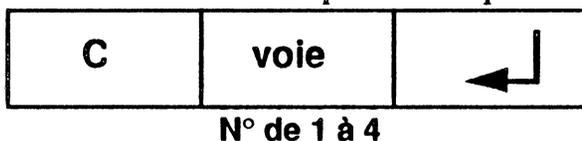
Le mélangeur numérique télécommandé Diana 4-1 a été réalisé pour le projet Kinésis par la société Project-Images à Meylan. Il permet de mixer par télécommande quatre signaux vidéo composite PAL en entrée en un signal de sortie PAL, en incluant plusieurs types d'effets spéciaux en version de base. D'autres effets pourront s'y ajouter suivant les besoins. Le système permet le téléchargement de programmes dans la mémoire du microprocesseur MC 68000 à travers le port série servant à la télécommande des effets.



Pour assurer une synchronisation parfaite des signaux vidéo des vidéodisques, DIANA 4-1 délivre en sortie un signal de synchronisation vidéo de référence qui sert de base de temps aux autres appareils vidéo du projet Kinésis.

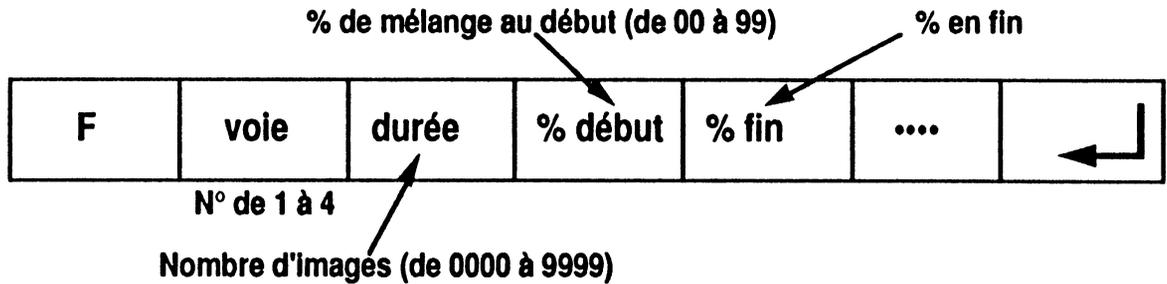
Description des commandes disponibles:

- Choix d'une entrée parmi les quatre (cut):



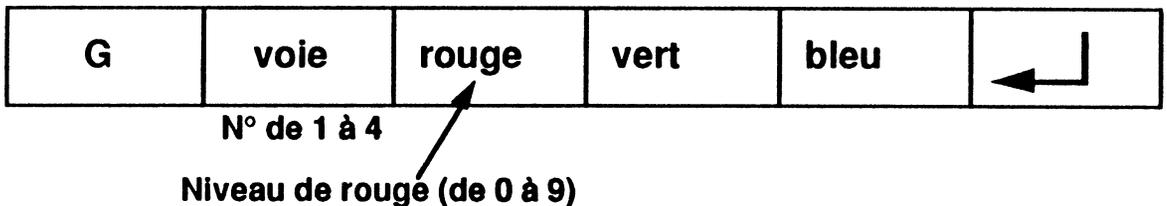
Cette commande permet de commuter à l'image suivante le signal de sortie sur celui de la voie d'entrée désignée.

- **Fondu au noir ou enchaîné :**



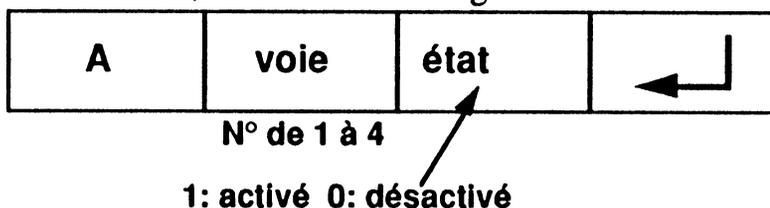
Si une seule voie est désignée, le mélange est opéré entre cette voie et du noir. S'il s'agit d'un fondu enchaîné (mélange entre deux voies), la commande se poursuit avec le numéro de la deuxième voie et les autres paramètres du mélange.

- **Génération de couleur :**



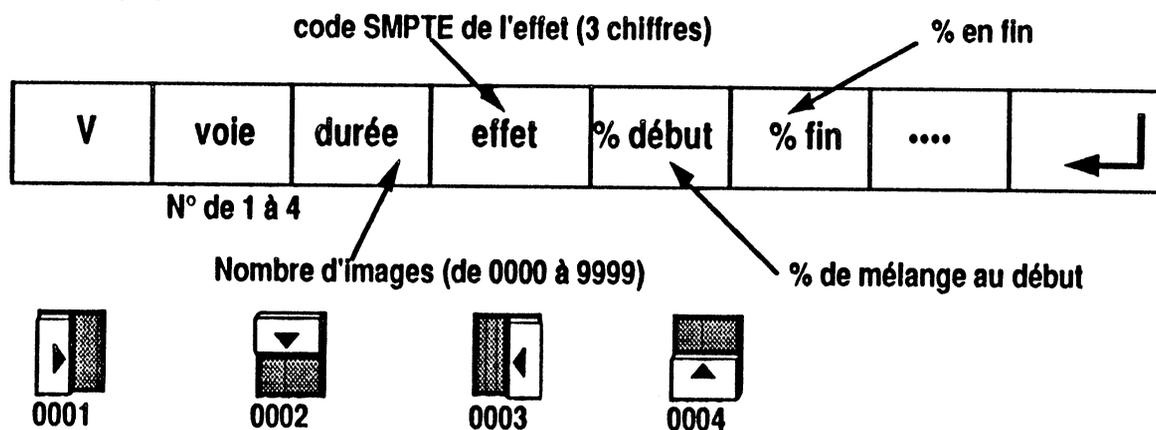
Le générateur de couleur produit la couleur indiquée sur la voie désignée. Cette commande permet, avec la suivante, d'effectuer des fondus à la couleur ou des volets avec une couleur.

- **Activation / désactivation du générateur de couleur :**



Après activation la couleur générée sur la voie désignée remplace le signal d'entrée.

• Volets :



Codes des volets de base:

Si une seule voie est désignée, le volet est opéré entre cette voie et du noir.

S'il s'agit d'un volet entre deux voies la commande se poursuit avec le numéro de la deuxième voie et les autres paramètres du volet.

Les codes utilisés sont ceux de la norme [SMPTE 87].

Remarque: toutes les commandes sont prises en compte dès l'image suivante.

Table des figures :

Synoptique des études de transports	8
Hiérarchie des menus	10
Compilation de la structure du système interactif	11
Tables générées par le compilateur	13
Exécution de SITERT	14
Vue d'une partie de la charge d'un réseau de voirie	16
Type de pièce à placer	18
Analyse du front de placement	19
Module composite	21
Saisie des articles	22
Description d'un article pour le tracé	23
Description d'un article pour le placement	23
Exemple de placement d'un module simple.....	24
Chaîne de traitement de PAMPA.....	25
Format des bandes 1 pouce C	32
Organisation du signal vidéo sur un disque synchrone CAV	33
Coupe du disque gravé ODC (système RLV Mk II)	34
Comparaison vidéodisque - DON	36
Réseau local à configuration multipoint	38
Couches OSI et norme de télécommande UER-SMPTE	40
Conversion au format télévision par une carte spécialisée	44
Affichage direct au format télévision (solution GETRIS)	45
Acquisition d'images naturelles et enregistrement sur station GETRIS	47
Recherche itérative de contour	49
Architecture synthétique dans un décor réel	51
Organisation de l'application en couches.....	52
Ecran initial et montage de bande	55
Choix d'une bande en bandothèque	55
Choix des modes d'édition	56

Contrôle de la recherche en continu	56
Pose d'un point d'entrée à la position des têtes	57
Fiche de repérage des rushes établie par le monteur	61
Ouverture en fondu	62
Fermeture avec palier	62
Fondu enchaîné	62
Chaîne de montage virtuel avec retour au film	64
Montage virtuel sur deux disques	66
Montage virtuel sur trois disques	67
Spectra-Image	70
CMX: du montage film au montage vidéo	71
Travail sur Ediflex	72
Schéma de la station de montage virtuel	78
Ecran principal Kinésis	79
Insertion d'une collure (début du plan)	80
Insertion d'une collure (fin du plan)	81
Schéma des commandes au clavier	81
Modification d'un plan	82
Contrôle de l'enregistrement	83
Réglages du montage sur bande	84

Table des matières :

Introduction	1
Première partie: Systèmes Graphiques Interactifs	5
1.1 Système Interactif de Test	
et d'Elaboration de Réseaux de Transport (SITERT)	7
1.1.1 Etudes de transport	7
1.1.2 Principes de base de SITERT	9
1.1.3 Réalisation et expérimentation	11
1.2 Placement Automatique de Modules à Pertes Admissibles (PAMPA) ...	17
1.2.1 Problèmes de découpe et de placement	17
1.2.2 Nouvelle approche du placement	18
1.2.3 Description du système PAMPA et conclusions	22
Deuxième partie: Intégration des Stations Graphiques	
et des Matériels Audiovisuels	29
2.1 Machines de production audiovisuelles	31
2.1.1 Matériels audiovisuels interfaçables	31
• magnétoscopes	31
• vidéolecteurs	33
• tables de mixage vidéo, bancs de montage	36
2.1.2 Stockage numérique des images	36
2.1.3 Interfaces de commande	37
• interfaces actuelles	37
• état des normes internationales	37
2.1.4 Synchronisation des appareils	41
• enregistrement d'un code temporel	41
• nécessité d'un contrôle permanent par un processeur dédié	42
2.2 Stations graphiques d'imagerie et machines audiovisuelles	43
2.2.1 Enregistrement des images de synthèse.....	43
• problèmes posés par l'incompatibilité des signaux	43

• solutions et réalisations	44
2.2.2 Mélange d'images synthétiques et naturelles	46
• acquisition d'images naturelles	46
• utilisation des images naturelles	46
• décors ou éléments naturels à copier : problème de détournage	48
• banque de textures naturelles	49
• éléments de synthèse animés dans un décor réel	50
2.2.3 Logiciel intégré d'animation et de montage vidéo: G_Anim	51
• présentation générale de G_Anim	52
• organisation du module de commande des magnétoscopes	52
• ergonomie du contrôle des magnétoscopes	53
2.3 Informatisation du montage de films : le projet Kinésis	59
2.3.1 Montage actuel des films	60
• travail du monteur de cinéma	60
• évolution du métier de monteur	63
2.3.2 Montage virtuel	64
• historique	64
• principe du montage virtuel	65
• origine du projet Kinésis	68
• systèmes disponibles	68
• critique de ces systèmes	73
2.3.3 Nouvelle approche du problème	74
• ergonomie de l'interface homme-machine	74
• rushes et montages en cours sous forme d'hypertextes	76
• contrôle parfait du retour au film: le temps codé cinéma	76
2.3.4 Réalisation du projet	78
• présentation de l'outil actuel	78
• prolongements	84
Conclusion	85
Annexe 1: Télécommandes des magnétoscopes	89
Annexe 2 : Télécommandes des vidéolecteurs	91
Annexe 3 : Primitives de commande des magnétoscopes dans G_Anim	94
Annexe 4 : Commandes du mélangeur Diana 4-1	100

Table des figures103
Table des matières.....105
Références bibliographiques.....109

Références bibliographiques

- [Ankerney 88] Jay Ankerney *Disc-Based Editing Evolving*
TV Technology Production, janvier 88
- [Beauviala 78] Jean-Pierre Beauviala *Entretiens avec Jean-Pierre Beauviala*
Les Cahiers du Cinéma mai 78 p.19
- [Beauviala 88] Jean-Pierre Beauviala *Entretiens avec Jean-Pierre Beauviala*
Les Cahiers du Cinéma, juillet-août 88 p.58
- [Bloch 86] Gilles Bloch *Eléments d'une machine de montage pour l'audio-visuel*
Thèse 86E011 ENST, octobre 86
- [Broussaud 86] Georges Broussaud *Les Vidéodisques*
Masson 86
- [Bruneaux 88] Sylvère Bruneaux *Etude d'un système d'animation en temps réel*
Actes MICAD 88
- [Carrasco 68] R. Carrasco - J. Lauret *Cours fondamental de télévision*
Editions Radio 68
- [Cohen 88] Emory M. Cohen *The Electronic Laboratory™*
SMPTE Journal, novembre 88
- [CST 78] *Trucages et Effets Speciaux Laboratoires*
Commission Supérieure Technique du Cinéma, 78
- [Gagalowicz 85] A. Gagalowicz - S. De Ma *Sequential Synthesis of Natural Textures*
CVGIP n° 30 (1985)
- [Gangnet 84] M. Gangnet - D. Perny - P. Coueignoux *Perspective Mapping of Planar Textures* Computer & Graphics Vol 8 N° 2 (1984)
- [Genoud 89] P. Genoud *Contribution à la définition d'un logiciel graphique pour la visualisation et le dialogue structuré*
Thèse Université J. Fourier Grenoble 1, janvier 89
- [Goodman 88] Dany Goodman *Hypercard Developer's Guide*
Bantam Computer Books 88
- [Hayes 85] Donald R. Hayes *Vertical-Interval Encoding for the Recordable Laser Videodisc* SMPTE Journal, août 85
- [Justus 85] W. F. Justus - G. Matz *Editing with the Draw Videodisc*
Symposium International de Télévision, Montreux, juin 85

- [Kary 82] Michael Loran Kary *Video-Assisted Film Editing System*
SMPTE Journal, juin 82
- [Kass 88] M. Kass - A. Wilkin - D. Terzopoulos *Snakes: Active Contour Models*
International Journal of Computer Vision, 88
- [Kuntz-Uhry 73] G. Kuntz - J.P. Uhry *Une méthode interactive de résolution d'un problème de tournée* Groupe Combinatoire AFCET, janvier 73
- [Kuntz-Ribo 75] G.Kuntz - J.P. Ribo *Système Interactif de Test et d'Elaboraion de Réseaux de Transport (SITERT)* RR n° 23 IMAG, octobre 75
- [Kuntz-Ribo 76] G.Kuntz - J.P. Ribo *Système Interactif de Test et d'Elaboraion de Réseaux de Transport (SITERT)* Notice d'utilisation, IMAG, décembre 76
- [Kuntz-Uhry 81] G. Kuntz - J.P. Uhry *Optimisation des pertes matières en industrie textile*
Communication Congrès AFCET Gif-sur-Yvette, novembre 81
- [Kuntz-Lacôte.. 83] G. Kuntz - C. Lacôte - F. Premi -J.P. Uhry
Sur quelques aspects du placement automatisé
Numéro spécial Placement et Découpe, revue de l'AF Micado, 83
- [Kuntz 88] Gilles Kuntz *Montage virtuel de films sur vidéodisques: le système Kinésis*
Conférence invitée, Actes colloque IMACOM, Besançon octobre 88
- [Lanoé 84] Henri Lanoë *A propos de "Louisiane"*
La lettre de la C.S.T. septembre 84
- [Lieberman 85] H Lieberman *There's More to Interaction Than Meets the Screen*
SIGGRAPH'85, Computer Graphics, 19(3), 1985, pp. 181-189.
- [Martinez 84] Francis Martinez *Vers une architecture banalisée des synthétiseurs d'image*
Premier colloque image, Biarritz, mai 84
- [Martinez 85] Francis Martinez *Le processeur graphique Helios et son application en architecture* annexe technique Contrat ADI n°85-819
- [North 83] John North - Michael Werner *Electronic Film Post Developing Fast Millimeter* mars 83
- [Ochiva 87] Dan Ochiva *A Knack for Nonlinear*
Millimeter août 87
- [Oudin 87] Michel Oudin - Marc Chanal *Introduction directe du code temporel sur le film* Symposium International de Télévision, Montreux, juin 87
- [Schmitt 81] J. Monne - F. Schmitt -D. Massaloux *Bidimensional Texture Synthesis by Markov Chains* CGIP n° 17 (1981)
- [Schuler 86] Chester L. Schuler *The Montage: A New Approach to Editing Feature Film* SMPTE Journal août 86

-
- [SMPTE 87] *Transfer of Edit Decision Lists*
SMPTE Recommended Practice 146 - 1987
- [Stanton 87] Michael J. Stanton *EDIFLEX, an Electronic Editing System* American
Cinematographer juillet 87
- [Stockler 87] Bruce Stockler *The Nonlinear FUTURE*
Millimeter octobre 87
- [Tanenbaum 88] Jim Tanenbaum - Manfred N. Klemme *Using Time Code in the Real
World* Sound Recording Service, Los Angeles 88
- [Thorpe 88] Thorpe - Hebert - Kanade - Shafer *Vision and Navigation for the Carnegie -
Mellon Navlab* IEEE Transactions on PAMI mai 88
- [UER 3097-F 82] *Codes temporels de commande de l'UER pour les magnétoscopes*
UER avril 82
- [UER 3245-F 84] *Systèmes de télécommande des installations de production
en télévision* UER décembre 84
- [UER 3245-F Suppl.2 86] *Systèmes de télécommande des installations de production
en télévision : ESbus-> Messages propres au magnétoscope*
UER novembre 86

AUTORISATION DE SOUTENANCE

~~DOCTORAT 3^{ème} CYCLE, DOCTORAT INGENIEUR,~~
DOCTORAT DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER - GRENOBLE 1

Vu les dispositions de l'Arrêté du 16 avril 1974,

Vu les dispositions de l'Arrêté du 5 juillet 1984,

Vu les rapports de M^r. Michel ADIBA, professeur à l'U.J.F. - Grenoble I

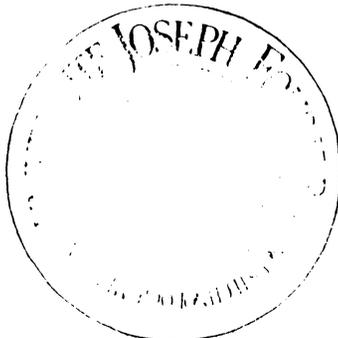
M^r. Michel LUCHS, professeur à l'ENSM de Nantes

M^r. Gilles KUNTZ est autorisé(e)
à présenter une thèse en vue de l'obtention du *titre de Docteur*
..... de l'Université Joseph Fourier - Grenoble 1 (spécialité
informatique)

28/11/84
Grenoble, le

Le Président de l'Université
Joseph Fourier - Grenoble 1

J.J. PAYAN



Résumé

L'objet du travail de cette thèse est d'apporter une contribution au rapprochement de l'informatique graphique et de l'audiovisuel pour permettre l'utilisation directe des machines audiovisuelles dans les systèmes informatiques.

La première partie rend compte de deux expériences d'introduction de systèmes graphiques interactifs dans des domaines très différents. Un premier travail concerne le métier d'aménageur en transport urbain et a conduit à la réalisation d'un système graphique interactif d'aide à l'élaboration de réseaux de transport. Le deuxième est l'application de la même approche au problème de la minimisation des pertes de matière lors de la découpe de pièces de formes irrégulières.

La deuxième partie concerne le couplage entre les ordinateurs et les matériels audiovisuels télécommandables, essentiellement magnétoscopes et lecteurs de vidéodisques. Une description de la technologie de ces machines et de leurs interfaces est d'abord rappelée. L'état des normes internationales de connexion de ces matériels est ensuite abordé. L'apport de l'intégration des matériels audiovisuels dans les stations graphiques d'imagerie est finalement analysé.

Pour terminer le projet Kinésis de montage virtuel de films à l'aide de vidéodisques est développé. Ce projet qui a pour but l'informatisation du travail du monteur propose un système graphique et audiovisuel interactif pour le montage des films de cinéma.

Mots-clés

informatique, transport, placement, graphique, audiovisuel, vidéodisques, montage de films, communication homme-machine

Abstract

The subject of this thesis is an essay to join computer graphics and audiovisual machines in order to allow the direct use of audiovisual equipments in computer systems.

The first part reports two experiments which introduce interactive computer graphics in various sectors. The first application is concerned with the management of urban transport systems and produces an interactive graphical system for helping the construction of traffic networks. The second is the use of the same approach to solving the problem of minimizing the loss of material during cutting of irregularly formed pieces.

The second part is concerned with the matching of computers and remote controlled audiovisual equipments, principally video tape recorders and laser videoplayers. A survey of audiovisual technology and computer interfaces is summarized. The state of international standards on this domain is outlined. The contribution of integrating audiovisual machines with graphical stations is described.

Finally, the project "Kinesis" on off-line film editing with laser videodiscs is developed. The intention is to introduce an interactive graphics computer system for film editing.

Keywords

computer science, transportation, layout, graphic, audiovisual, videodisc, film editing, man-machine communication