

86/89

UNIVERSITE DE NANCY 1

CENTRE DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE
DE NANCY

Sc N 86 / B
301



INTEGRATION DE L'IMAGE EN E.A.O.

l'illustrateur



THESE

soutenue publiquement le 21 Octobre 1986

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE 3 ème CYCLE EN INFORMATIQUE

par

Josette MORINET-LAMBERT

devant la commission d'Examen:

Président.....Jean-Pierre Finance
Examineurs..... Claire Bélisle
Joseph Fromont
Roger Mohr
Maryse Quéré

UNIVERSITE DE NANCY 1

CENTRE DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE
DE NANCY

INTEGRATION DE L'IMAGE EN E.A.O.

l'illustrateur

THESE

soutenue publiquement le 21 Octobre 1986

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE 3^{ème} CYCLE EN INFORMATIQUE

par

Josette MORINET-LAMBERT

devant la commission d'Examen:

Président.....Jean-Pierre Finance
Examineurs..... Claire Bélisle
Joseph Fromont
Roger Mohr
Maryse Quéré

A notre juge et président de thèse

Monsieur Jean-Pierre Finance,
Professeur à l'Université de Nancy 1

Ses qualités d'organisateur et d'enseignant lui permettent d'assurer avec brio les responsabilités énormes de directeur du CRLN.

Il a manifesté à notre égard une constante sympathie et une bienveillance indulgente.

Il nous a ouvert les portes de la Faculté.

Nous l'assurons de notre respectueuse gratitude.

A notre juge et directeur de recherche

Madame Maryse Quéré,
professeur à l'Université de Nancy 2

Nous la remercions d'avoir bien voulu nous confier le sujet de cette thèse.

Elle a marqué notre orientation par la clarté de son enseignement et son dynamisme. Elle a su nous faire partager sa passion de l'enseignement.

Sa personnalité attachante, sa tolérance éclairée ont toujours fait régner, dans l'équipe où elle a bien voulu nous accueillir, une atmosphère de grande simplicité et de compréhension réciproque.

Sa gentillesse et sa culture générale très étendue, également dans le domaine musical, complètent le plaisir de contacts toujours fructueux.

C'est un grand plaisir de la voir siéger dans ce jury.

A nos juges

Madame Claire Bélisle,
Ingénieur CNRS à l'IRPEACS

Elle a accepté de juger ce travail avec beaucoup de gentillesse. Nous avons bénéficié de ses remarques pertinentes et de ses connaissances.

Qu'elle trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

Monsieur Joseph Fromont,
Ingénieur au CCETT,

C'est un honneur de pouvoir le compter parmi les membres de notre jury et de pouvoir bénéficier de son avis hautement compétent.

Monsieur Roger Mohr,
Professeur à l'LNPL,

Malgré les charges d'enseignement écrasantes et un programme de recherches réalisé avec un équipe de collaborateurs brillants, il a toujours été disponible pour nous aider par des conseils clairs et précis dans le domaine du traitement d'images.

Qu'il reçoive ici le témoignage de notre admiration.

A Monsieur René Peslin,
Directeur de l'unité de Recherches de physio-pathologie
respiratoire de l'INSERM

Il nous a initié à l'informatique et a suscité une vocation
certaine quoique tardive.

A toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de
ce travail en mettant leurs compétences à notre service, et
plus particulièrement:

à tous les membres de l'équipe de traitement des images,

à ceux qui entourent Marion Créhange dans l'équipe
EXPRIM,

aux enseignants qui ont participé à l'élaboration de
scénarios d'utilisation de l'image, C. Hagenauer, F.
Collignon,

à Laurence Prieur ophtalmologue, elle a répondu avec
concision aux multiples questions posées,

au personnel qui assure la maintenance des appareils,

aux secrétaires et tout spécialement Nadine Beurné-Gautier
dont nous avons apprécié la grande disponibilité et la
gentillesse.

A la mémoire de mon Père,
L'abnégation dont il a fait preuve pendant sa longue et
douloureuse maladie, nous a permis de concilier devoir
filial et études.

A ma Mère,
Elle a su alléger nos charges familiales. Qu'elle soit
remerciée pour son affectueux soutien.

A mes enfants Caroline, Elodie et Paul,
Sans eux, ce travail ne serait pas. Ils ont été notre
principale motivation et le centre de nos préoccupations.

A mon Mari,

A toute ma famille,

A mes amis et amies, Marie Pierre, Catherine, Christine et
bien sûr Lynda et Zizette.

*Personnellement, je suis toujours prêt à apprendre bien que
je n'aime pas toujours qu'on me donne des leçons.*

Winston Churchill, The Observer, 1952

SOMMAIRE

Introduction	p 1
Chapitre 1 Enseignement assisté par ordinateur	
1.1 Les entités en présence	p 3
1.1.1 Le rôle de l'enseignant	
1.1.2 Le rôle de l'ordinateur	
1.1.3 Avantages	
1.1.4 Inconvénients	
1.2 Apports de l'Intelligence Artificielle en E.A.O.	p 6
1.2.1 Les systèmes experts	
1.2.2 Langage Naturel- Parole- Graphisme- Image	
1.3 Fonctionnalités des systèmes EAO	p 8
1.3.1 Les systèmes auteurs	
1.3.2 DIANE	
1.3.3 La forme langagière: l'éditeur MARION	
1.3.4 L'éditeur de simulation de cas	
1.3.5 L'éditeur Arlequin	
1.3.6 L'éditeur fonctionnel	
Chapitre 2 Les activités d'imagerie et l'enseignement	
2.1 La perception visuelle	p 13
2.1.1 Anatomie et physiologie de la vision	
2.1.2 La perception des formes	
2.1.3 La perspective	
2.1.4 Les relations forme-fond	
2.1.5 Le rôle des couleurs	
2.2 Les images mentales	p 20
2.2.1 Les phénomènes d'imagerie	
2.2.2 Les capacités individuelles d'imagerie	
2.2.3 La mémoire sémantique	
2.2.4 Conclusions	
2.3 L'interprétation des images	p 23
2.3.1 La perception subjective des formes	
2.3.2 La perception subjective des couleurs	
2.3.3 Les traits pertinents	
2.3.4 L'influence du texte sur l'interprétation de l'image	

2.3.4.1 Adjonction de texte	
2.3.4.2 Adjonction de signes ou symboles	
2.4 Les auxiliaires figuratifs dans l'enseignement	p 25
2.4.1 Les besoins	
2.4.2 Les finalités	
2.4.3 Les contraintes	
2.4.4 Les spécificités	
2.4.5 Les limites	
2.5 Apports de l'image en EAO	p 29
2.6 Scénarios d'utilisation de l'image dans l'enseignement	p 30
2.6.1 Enseignement secondaire	
2.6.2 Enseignement primaire	
2.7 Les produits audiovisuels interactifs	p 35
Chapitre 3 Représentation d'images et codage	
3.1 Infographie interactive	p 39
3.1.1 Critères techniques	
3.1.2 Structure d'un système interactif	
3.2 Le graphisme	p 41
3.2.1 Les différents modèles de description graphique	
3.2.2 Les langages graphiques	
3.2.2.1 GKS (Graphic Kernel System)	
3.2.2.2 Un autre langage	
3.2.3 Les images de synthèse	
3.2.3.1 Les descripteurs géométriques	
3.2.3.2 Le calcul des images	
3.2.3.3 La restitution de l'image	
3.2.3.4 Les domaines de l'image de synthèse	
3.3 Opposition graphique-image	p 46
3.4 Les images numériques	p 47
3.5 Langage d'images	p 47
3.5.1 Un logiciel de description particulier: LPSI	
3.5.2 Un programme d'application: l'environnement SAPIN	
3.6 Codage des images	p 48
3.6.1 Introduction	
3.6.2 Codage ALPHAMOSAIQUE	
3.6.3 Codage ALPHA-GEOMETRIQUE	
3.6.4 Codage ALPHA-PHOTOGRAPHIQUE	
3.6.5 Compactage et autres codages	
3.6.5.1 Point par point	
3.6.5.2 Codage par approximation locale	
3.6.5.3 Le découpage des images	
3.6.5.4 Modulation MIC et multiplexage temporel	
3.6.5.5 Conclusions	
3.7 Modèles de représentation des couleurs	p 56
3.7.1 Théorie trichromatique	
3.7.2 Le modèle RVB	
3.7.3 Autres modèles	p 57
3.7.3.1 Le modèle TIS	
3.7.3.2 Le modèle TNB	
3.8 La technique des fausses couleurs	p 58
Chapitre 4 Collection et diffusion d'images	
4.1 Les banques de données d'images	p 59
4.1.1 Généralités	
4.1.2 Quelques supports d'images	

4.1.2.1 Le vidéodisque	
4.1.2.2 Les CD-ROM	
4.1.3 Quelques systèmes d'archivage et de recherche d'images	
4.2 L'accès intelligent dans les bases	p 66
4.2.1 Définition d'un système expert	
4.2.2 EXPRIM	
4.3 La diffusion des images	p 68
4.3.1 La diffusion par réseaux	
4.3.2 Transmission par câble	
4.3.3 Les services des Télécommunications Françaises	
Chapitre 5 Un éditeur d'images	
5.1 Evolution des images numériques	p 75
5.1.1 Les logiciels graphiques	
5.1.2 Les calculateurs dédiés aux traitements des images	
5.1.2.1 Quelques classifications	
5.1.2.2 Les calculateurs analogiques	
5.1.2.3 Architecture d'une machine de traitement d'images	
5.1.2.4 Quelques temps de traitementset quelques coûts	
5.2 Pourquoi un nouvel éditeur d'images?	p 79
5.2.1 Description d'une chaîne de production d'images	
5.2.2 Scénarios de diffusion	
5.3 Présentation d'un éditeur	p 81
5.4 Les fonctions de manipulation d'images	p 83
5.5 Les fonctions de l'éditeur	p 85
5.5.1 Introduction	
5.5.2 Démarche	
5.5.3 Objets recensés	
5.5.4 Hiérarchisation des objets	
5.5.5 Les objets graphiques	
5.5.6 Fonctions nécessaires	
5.6 Formalisation et structuration des données	p 96
5.7 Maquette	p 97
5.7.1 Présentation du logiciel	
5.7.1.1 Gestion des menus	
5.7.1.2 D'autres fenêtres	
5.7.2 Description de COLORIX90	
5.7.3 Mode vraie couleur	
5.7.4 Les fonctions réalisées	
5.7.4.1 Les fonctions de sélection dans une image	
5.7.4.2 Les fonctions d'incrustation	
5.7.4.3 Les fonctions de désignation	
5.7.4.4 Sauvegarde et restauration	
5.7.4.5 La visualisation	
5.7.4.6 Les autorisations d'écriture	
Chapitre 6 Conclusions	
6.1 Les problèmes de l'EAO	p 107
6.2 L'adjonction de l'image en EAO	p 108
6.1.1 Les différents postes de travail	
6.1.2 Les restrictions des enseignants	
6.2 Les limites de l'éditeur	p 109
6.3 L'orientation des travaux	p 110
6.3.1 L'avenir de l'image	
6.3.2 L'intégration son-image	

Annexe 1 Les types abstraits image	
a1.1 Rappels	p 113
a1.1.1 Les types de base	p 113
a1.1.2 Le constructeur PRODUIT CARTESIEN	p 113
a1.1.3 Le constructeur TABLE	p 114
a1.1.4 Le constructeur ENSEMBLE	p 115
a1.2 Conventions	p 118
a1.3 Le type niveau de gris NG	p 120
a1.4 Le type couleur COUL	p 121
a1.5 Type position	p 123
a1.6 Le type DIM	p 126
a1.7 Le type fenêtre	p 129
a1.8 Le type image en niveaux de gris IMG	p 131
a1.9 Les types binaire et image binaire IMB	p 136
a1.10 Le type image filtrée IMF	p 138
Annexe 2 Lexique	p 143
Annexe 3 Notice technique	
a3.1 Le fonctionnement de COLORIX	p 147
a3.2 Les fonctions en mode 16	p 148
a3.3 L'enchaînement des menus	p 155
a3.4 Quelques exemples de programmes écrits en C	p 159
Annexe 4 Bibliographie	p 175

Introduction

INTRODUCTION

L'importance de l'image dans l'acquisition et la transmission des connaissances est un phénomène actuel. L'image est un support médiatique privilégié, qui réalise la synthèse de nombreuses informations.

La diffusion de l'image s'est faite sous la forme de peintures ou de gravures jusqu'au début du 19^{ème} siècle. L'invention de la photographie, puis l'arrivée de l'image animée a permis la diffusion collective d'images et a banalisé leur utilisation.

Selon une enquête de l'*Industrial Audiovisual Association*, nous retenons 10 % de ce que nous lisons, 20 % de ce que nous entendons, 30 % de ce que nous voyons [CURRAN 1985]. L'image est prépondérante dans la diffusion des idées auprès du public d'âge scolaire. Un travail du Centre d'Etudes d'Opinion montre que 26% des enfants regardent la télévision à l'école et 38% parlent de certaines émissions avec leurs professeurs.

Favorisé par l'évolution des technologies et de façon identique à ce qui s'est passé pour l'enseignement livresque, L'Enseignement Assisté par Ordinateur se transforme. Il intègre schéma, graphique et image aux textes initiaux.

Les besoins iconographiques ont soulevé le problème de la production d'images adaptées à l'enseignement. Certains organismes officialisent les études menées (Centre audio-visuel de l'ENS de St-Cloud, CCETT...). Ils s'occupent surtout d'images animées diffusées sur les chaînes de télévision sous la forme de programmes audio-visuels.

L'intégration de l'image fixe dans les didacticiels induit la nécessité de la création d'un poste auteur convivial spécifique. Ce dernier doit permettre la personnalisation et l'adaptation des sources iconographiques.

La diffusion de tels didacticiels doit être assurée dans un avenir proche par des systèmes à base de réseaux câblés à haut débit. Quelques expériences ponctuelles ouvrent de grands espoirs (Vélizy, Biarritz..).

Le travail exposé ici débute par quelques rappels concernant l'enseignement assisté par ordinateur, sa définition et son rôle (Chapitre 1).

Une deuxième partie traite de l'image et la perception que nous pouvons en avoir. Nous regardons comment l'image peut être utilisée dans l'enseignement (Chapitre 2).

Suit une partie plus technique où nous abordons les problèmes de représentation et de codage des images (Chapitre 3).

Les images sont regroupées au sein de banques de données qui facilitent leur gestion et leur diffusion. Nous développerons les spécificités de telles banques et la manière de les exploiter (Chapitre 4).

Après avoir fait un rappel des difficultés liées au traitement des images, nous exposerons nos idées sur les fonctionnalités d'un éditeur d'images et la réalisation que nous en avons faite (Chapitre 5).

Les annexes comportent une partie qui concerne la spécification des objets nécessaires à un éditeur d'images. Un lexique donne la traduction des principaux sigles utilisés. Une partie technique concerne la réalisation de la maquette. Elle est suivie par la bibliographie qui termine ce travail.

Chapitre 1

ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR

1.1 - LES ENTITES EN PRESENCE

Définitions

L'*Enseignement Assisté par Ordinateur* est, au sens strict, «la conduite par ordinateur d'un dialogue entre un apprenant et une matière», dialogue préparé par un auteur et éventuellement aménagé par l'enseignant de l'apprenant [QUERE 83].

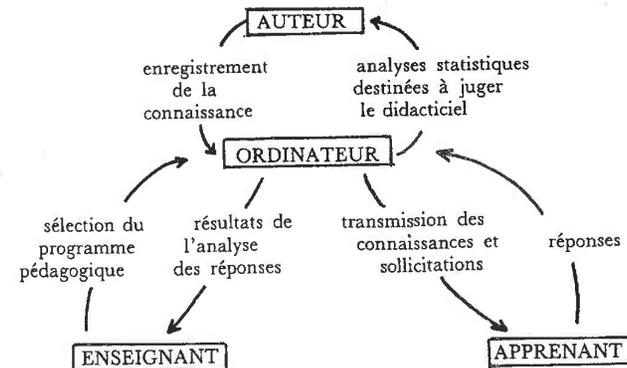


schéma 1 : Les entités en présence

L'*apprenant* est celui qui découvre un ensemble de connaissances, et qui réagit sous forme de réponses aux sollicitations permettant de connaître à quels niveaux sont ses acquisitions.

L'*enseignant* sélectionne et aménage les connaissances à transmettre. Il reçoit de l'ordinateur des résultats sur le "comportement" de l'apprenant.

L'*ordinateur* sert à la transmission des connaissances. Il reçoit et analyse les réponses de l'apprenant et transmet les résultats de cette analyse à l'enseignant. Il réalise les fonctions

d'information, de documentation, d'enseignement, et de communication.

L'auteur est en quelque sorte un "super" enseignant qui fournit à l'ordinateur les connaissances à transmettre à l'apprenant, et qui organise aussi l'interactivité.

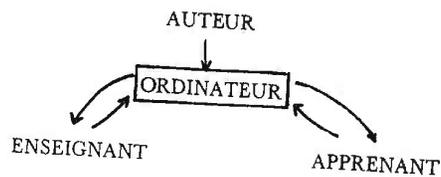


schéma 2 : Pédagogie différée

La pédagogie différée (schéma 2) correspond à un mode semi-automatique, dans lequel l'ordinateur est une base de connaissances du domaine étudié. Il fournit des statistiques sur les réponses de l'élève ainsi que sur celles d'un groupe d'élèves similaires. Il permet ainsi à l'enseignant de juger du comportement de l'élève par rapport à ce groupe et de diriger l'enseignement dispensé.

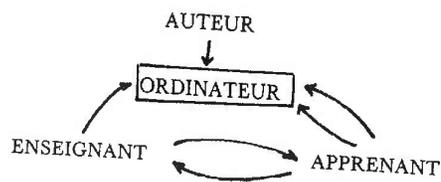


schéma 3 : Enseignement en présence

Par enseignement assisté par ordinateur, on peut aussi entendre une utilisation de l'ordinateur en présence de l'enseignant qui choisit lui-même sa stratégie pédagogique en fonction des contacts directs entre lui et l'élève. C'est l'enseignement en présence (schéma 3). L'ordinateur est une base de connaissances du domaine étudié.

Dans le mode automatique (schéma 4), seuls restent en présence l'élève et l'ordinateur; l'auteur transmet, en plus des connaissances, des stratégies de pédagogie et l'ordinateur sélectionne lui-même la stratégie à suivre en fonction de l'analyse des réponses [LA BORDERIE 1984].

On peut différencier l'EAO didactique et l'EAO pédagogique. Le premier privilégie la matière et son apprentissage, le second, celui qui apprend, répondant ainsi aux objectifs d'éducation plus que de formation. Pour y parvenir il existe deux stratégies, l'utilisation de l'ordinateur en mode tutoriel ou heuristique [LEFEVRE 1984].

Dans le mode tutoriel, l'auteur définit un ou plusieurs types de chemins possibles correspondant à des automatismes. L'ensemble des propositions et des réponses possibles est prédéterminé et limité. Ce sont les modèles linéaires (Skinner), ramifiés (Crowder), multi-niveaux, en dents de scie (Demarne).

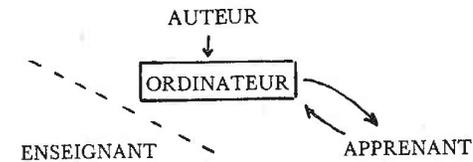


schéma 4 : Système automatique

Le modèle linéaire ne présente qu'un seul chemin, la matière est atomisée, afin de supprimer toutes les difficultés du parcours. Il ne demande qu'un effort minime. Il présente une certaine lourdeur liée à la durée du didacticiel, et son degré d'interactivité est faible.

Le modèle ramifié prévoit des retours possibles dus à l'introduction des risques d'échec, sous la forme de formulations différentes ou de séquences complémentaires se rapportant aux notions induisant la situation d'échec.

Le modèle multi-niveaux différencie plusieurs niveaux de difficulté possibles. Le chemin le plus court correspond au degré de difficulté maximum, et le plus long au minimum.

Le modèle en dents de scie différencie l'enseignement du "questionnement" ou de la phase d'approfondissement.

La stratégie de type heuristique correspond à un point de départ et un objectif à atteindre. L'élève a la possibilité de questionner, et de définir ainsi son propre cheminement. Il ne suffit plus de trouver la solution mais de construire une démarche logique permettant d'atteindre cette solution. Ce type de modèles conduit à de grandes difficultés pédagogiques et techniques (découpage en tâches, interprétation de dialogues ouverts et des réponses...).

1.1.1 - Le rôle de l'enseignant

La fonction prioritaire des enseignants est autant la pédagogie que la spécialité, avec des connotations de psychologie et de respect de la liberté des individus. C'est à eux de détecter les problèmes, les anomalies de compréhension ou de fonctionnement, de déceler la présence de problèmes affectifs... Ils devraient enseigner comment réfléchir, comment choisir, comment gérer, comment créer, comment utiliser des connaissances plutôt que les accumuler. L'enseignement est guidé par le concepteur du programme à enseigner, l'apprentissage laisse à l'élève l'initiative du projet ou des décisions quant aux actions à effectuer.

1.1.2 - Le rôle de l'ordinateur

L'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) est, de façon plus générale, «l'ensemble des applications utilisant l'ordinateur à des fins pédagogiques».

L'ordinateur exécute les tâches répétitives, il peut corriger les exercices, gérer les notes, contrôler les connaissances.

Il aide au jugement du travail de l'apprenant en fournissant des statistiques sur l'élève ou le groupe dans lequel se situe l'élève.

Il aide à la mise au point de didacticiels, par des statistiques portant sur leur utilisation (le taux de réussite permet de juger le degré de difficulté, le taux d'utilisation, la convivialité...).

Il permet de proposer, pour une même matière, différents niveaux de connaissances: généralités, compléments d'informations, approfondissement...

1.1.3 - Avantages

Les principaux avantages de l'EAO sont de favoriser l'individualisation de l'enseignement (rythme, moment...). Par la prise en charge de certaines tâches, il libère l'enseignant et lui permet un suivi personnalisé des élèves.

Il permet un complément d'informations et de formation. Il a un rôle important auprès des apprenants handicapés (moteur ou intellectuel), ou défavorisés (éloignement d'un centre pédagogique, formation en milieu rural, enfants de parents non sédentarisés tels les navigateurs fluviaux...).

Il peut pallier les défaillances du système éducatif traditionnel (manque d'enseignants, ou enseignants insuffisamment qualifiés: c'est un espoir pour les pays du tiers-monde).

Par sa souplesse, il permet d'envisager un parallélisme entre vie professionnelle et formation continue (cours du soir, écoles spécialisées peu nombreuses et inaccessibles géographiquement).

Le développement de réseaux intra ou inter-entreprises permet la télé-distribution des didacticiels et facilite le partage de puissants moyens de stockage ou d'édition d'objets pédagogiques.

C'est peut être une réelle égalité des chances de chacun face à l'enseignement.

1.1.4 - Inconvénients

Ses risques sont l'appauvrissement des contacts humains par la disparition des liens sociaux entre apprenants puisqu'il ne nécessite plus le regroupement géographique des apprenants, ainsi que la rupture de la relation maître-élève.

Il nécessite une motivation préalable importante, est source d'une certaine monotonie, annule toute émulation entre apprenants.

Pour l'enseignant, il suppose une approche du domaine informatique, l'acquisition d'un langage spécialisé, et une souplesse pour s'adapter à la complexité d'un système auteur.

L'enseignement lui-même est pénalisé par sa rigidité: réponses souvent sans nuances par tout ou rien, et par les limites des moyens de communication entre l'homme et la machine. C'est une rigidité dans le contenu car la totalité des connaissances à transmettre est dans le programme, ainsi que dans l'ensemble des branchements possibles, car les "comportements" face à l'élève sont programmés une fois pour toutes. Les systèmes sont inintelligents car incapables de résoudre eux même les problèmes qu'ils posent, incapables d'organiser et de diriger un dialogue correspondant exactement au niveau de compétence de l'élève.

C'est aussi une modification de l'écriture: les réseaux ne supportent pas le bavardage inutile, poétique ou non. C'est une évolution du comportement, une recherche par l'individu de l'efficacité et de la simplicité, peut-être au détriment de qualités spécifiquement humaines.

L'apport des techniques de l'intelligence artificielle doit permettre de faire reculer les limites de compréhension, de perception, et de décision des systèmes actuels.

1.2 - APPORTS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN E.A.O.

En permettant l'introduction de nouveaux moyens de raisonnement (les systèmes experts), de nouveaux moyens de communication entre l'homme et la machine, le langage naturel, la parole, le graphique et l'image, l'intelligence artificielle a transformé l'EAO traditionnel, qui n'était qu'une représentation informatisée d'un enseignement classique, en une forme de pédagogie active où l'enseignement suit la démarche personnelle de l'apprenant à l'aide de techniques interactives [CAILLOT 1984].

1.2.1 - Les systèmes experts

Aujourd'hui, leurs principaux domaines d'application sont l'aide au diagnostic (médical, technique, informatique), l'aide à la conception et à la fabrication, la reconnaissance des formes, la robotique, la démonstration automatique des théorèmes, les jeux et les applications pédagogiques (SOPHIE : apprentissage de la détection des pannes électriques, BUGGY: analyse des erreurs en mathématiques, GUIDON: système d'aide au diagnostic des pathologies sanguines...). Ils apportent de nouvelles fonctionnalités en permettant une adaptation à l'élève par des branchements basés sur l'historique des réponses de celui-ci. Ils peuvent être aussi une aide au raisonnement.

Ils facilitent les modifications du logiciel. Il est possible d'enrichir un système expert sans qu'il soit nécessaire de remettre tout en question.

Définition:

Ce sont des logiciels qui «imitent le comportement d'un expert humain confronté à des problèmes solubles dans un domaine précis». Pour cela, ils utilisent une BASE DE CONNAISSANCES, c'est-à-dire un ensemble de faits et de règles de déduction, ou de méta-règles traduisant des heuristiques, une mémoire de travail qui réunit à un certain instant du raisonnement l'ensemble des données du problème, et un MOTEUR d'INFERENCE dont le but est d'élaborer le raisonnement. Par utilisation successive des règles de déduction il recherche un résultat à partir d'hypothèses, il s'arrête lorsqu'il est parvenu au résultat escompté ou à une impossibilité. Si l'application des règles de déduction conduit à une impasse et s'il existe dans la base des règles utilisables et non encore exploitées, il remet en cause les règles déjà utilisées, en sélectionnant d'autres règles suivant une stratégie: c'est le retour en arrière. L'arrêt est provoqué dans ce cas par l'épuisement de toutes les règles utilisables.

Application en EAO:

Les systèmes experts sont généralement utilisés pour tenter d'expliquer le raisonnement, et l'élaboration de solutions aux problèmes posés. Ils permettent de déterminer les erreurs et leurs causes. Ils peuvent être aussi utilisés pour un enseignement "modulaire et adaptatif", en remplacement du rôle de l'enseignant, pour déterminer, à partir du profil de l'apprenant, quelle stratégie pédagogique il faut suivre.

Ils peuvent être aussi utilisés comme une interface intelligente d'accès à une base de données d'objets pédagogiques [CREHANGE 1983].

1.2.2 - Langage Naturel - Parole - Graphisme - Image

Parole

L'usage du son est nécessaire pour l'enseignement de certaines disciplines telles les langues ou la musique, il peut être important d'introduire des éléments de bruitage dans un didacticiel car cela est source d'apprentissage de savoir-faire (détection par l'ouïe d'anomalies avant même de voir les conséquences de ces anomalies). Les systèmes de communication vocale facilitent la communication, mais pour l'instant ils restent limités à des réponses courtes (oui, non, stop...).

Langage Naturel

Son développement dans les systèmes d'EAO est étroitement lié à celui des systèmes de communication vocale, sinon c'est un ralentissement dans la saisie des réponses. Si son utilisation humanise les relations entre la machine et l'apprenant, c'est au prix d'une complexité croissante dans les formulations des requêtes et de l'analyse de réponses, avec la nécessité de reformulation de la réponse en d'autres termes en cas de non-compréhension du système ou sous d'autres formes grammaticales.

Il est indispensable dans l'enseignement des langues étrangères.

Image

Si le document imprimé véhicule la théorie, l'image permet l'illustration et l'ancrage mnémotechnique de certains résultats, facilite l'assimilation et la compréhension. La photographie montre la réalité lorsqu'elle ne peut être appréhendée directement.

La possibilité d'agir directement sur l'écran permet la désignation et augmente l'interactivité du poste utilisateur (exemple: signaler une anomalie). La réponse de l'utilisateur est gestuelle et évite le recours à des codifications inutiles qu'imposerait l'utilisation du clavier. Toute codification introduit des risques d'erreurs supplémentaires qui ne sont pas liées à la qualité de la réflexion mais à la seule manipulation des codes.

Le mélange sur un même écran d'une image vidéo et d'informations provenant de l'ordinateur est une solution originale permettant à l'auteur, grâce à des techniques d'incrustation, de préciser ou de localiser les points essentiels que l'élève doit percevoir.

L'interactivité liée à l'ordinateur et la richesse de l'image pédagogique font que le poste auteur disque optique numérique^(*)-ordinateur devrait se multiplier dans un futur assez proche. Le poste d'apprentissage, terminal relié à un ordinateur central couplé à un réseau de distribution d'images, voire même de sons, ne relève plus de l'utopie avec l'installation de réseaux à base de fibres optiques.

1.3 - FONCTIONNALITES DES SYSTEMES D'EAO

1.3.1 - Les systèmes auteurs

Principes

Ce sont des "progiciels pédagogiques", destinés aux enseignants-auteurs, leur permettant de réaliser des didacticiels sans être informaticiens puisqu'ils évitent le recours à un langage informatique. Le didacticiel qu'ils génèrent peut être considéré comme un ensemble d'actions pédagogiques élémentaires liées entre elles par des relations logiques ou chronologiques (affichage à l'écran, éditions à l'imprimante, mise en oeuvre de périphériques audio-visuels, branchements multiples, analyse de réponses...). Les systèmes auteurs ne dépendent pas du type de didacticiel et permettent une certaine portabilité sur tous les matériels qui les supportent. Un didacticiel est créé par saisie, vérification et codage des paramètres, puis stockage sous forme de fichiers.

Les systèmes auteurs comportent un module de CREATION du didacticiel, destiné à l'auteur, un module d'EXECUTION destiné à l'élève et éventuellement un module de MODIFICATION permettant les mises à jour des didacticiels.

Les systèmes auteurs dispensent l'auteur de toutes les servitudes liées à la programmation. Ils permettent la mise en page des écrans et manipulations graphiques (positionnement, effets de couleur ou de clignotement...), la programmation des analyses de réponses (comparaison avec une réponse type, acceptation des fautes d'orthographe, des équivalents, synonymes...), la programmation des branchements (en cas de réponse correcte ou non, ou partiellement fausse...). Ils mettent aussi à sa disposition différents utilitaires (éditeurs d'écran, utilitaires de préparation de disquettes, de copies, de réorganisation des fichiers, d'édition automatique, de simulations, de vérification ...). Ils peuvent aussi comporter des moyens de gestion des périphériques audio-visuels de l'ordinateur.

* On préférera parler de disque optique numérique plutôt que de vidéodisque afin de souligner la possibilité laissée à l'auteur de créer et de stocker ses propres images.

1.3.2 - DIANE

Le projet Diane est issu d'un groupe de travail de l'Agence de l'Informatique (ADI), dont l'objectif est de favoriser le développement de l'EAO en aidant la création d'outils permettant :

- la diversité des modes d'expression des auteurs
- l'évolutivité
- la portabilité et la diffusion sur différents matériels
- la réalisation de banques de données de didacticiels accessibles par réseaux télématiques
- le regroupement de statistiques sur les apprenants à partir d'informations de suivi.

La représentation interne d'un didacticiel au moment de son exécution est considérée comme une structure de données à interpréter, de type arborescent, ce qui facilite les opérations de création et de modification. Elle respecte l'organisation sémantique des objets manipulés, elle assure la portabilité car elle ne contient aucun élément de langage de programmation.

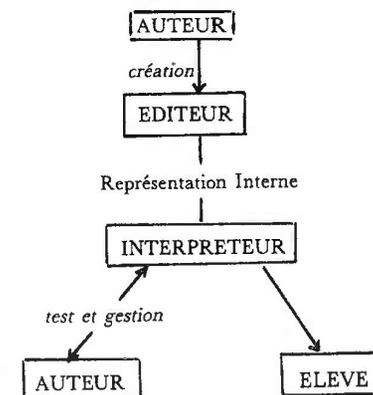


schéma 4 : Structuration de Diane

Tout didacticiel peut être décrit à l'aide de 350 fonctions standards qui permettent de décrire et nommer les entités pédagogiques exécutables (actions élémentaires), statiques (objets) utilisables par les actions et d'enchaîner les actions afin de constituer des actions composées et des dialogues. La représentation interne de Diane (R.I.Diane) est l'ensemble de toutes les fonctionnalités constituant des didacticiels produits par un éditeur (présentation de textes, graphiques, images, son, acquisition et analyse de réponse, logique et trace du cheminement de l'apprenant) et cela de façon INDEPENDANTE du mode d'expression offert aux auteurs par les différents éditeurs et des caractéristiques du matériel d'implémentation du logiciel Diane.

Actuellement, quatre outils de production permettent de générer de la R.I.Diane:

- l'éditeur fonctionnel
- une forme langagière, l'éditeur Marion
- un éditeur de simulation de cas
- un langage d'auteur: Arlequin.

1.3.3 – La forme langagière: l'éditeur MARION

Marion propose aux auteurs une méthodologie pour la conception de didacticiels dans laquelle on distingue la *conduite* du *contenu*.

La *conduite* exprime le déroulement logique d'un didacticiel, elle exprime donc les différents cheminements possibles et les divers enchaînements.

La partie *contenu* comprend les textes ou autres objets, constituant le contenu pédagogique. La structuration est à base de blocs correspondant aux actions suivantes: sollicitation, analyse de réponse, scène, manipulation de l'environnement et interface pédagogique.

Le but de la structuration en blocs est de permettre des *valeurs implicites* afin de mettre la priorité du travail de l'auteur dans son action pédagogique, ainsi que d'augmenter la lisibilité du document produit.

PICTEL, l'interface multimédia créée par Proxima, permet en phase création de piloter un vidéolecteur, de créer des illustrations graphiques à l'aide d'une tablette graphique, d'incruster du texte ou des objets graphiques en les synchronisant sur des images vidéo, de les stocker sur disquette avant l'envoi sur un serveur distant pour exploitation par l'intermédiaire du réseau téléphonique. En poste de consultation multimédia, PICTEL permet d'établir un dialogue avec toute base de données à la norme vidéotex ou tout didacticiel Diane-Marion.

1.3.4 – L'éditeur de simulation de cas

L'auteur ne décrit pas le graphe du didacticiel mais la logique du processus étudié sous la forme d'un graphe de décision qui permet de reconstituer un raisonnement ou une méthode de diagnostic suivant la spécialité envisagée. Chaque sommet du graphe correspond à une étape du raisonnement, les arcs sont les conditions de passage vers une étape suivante. A chaque étape correspond une conclusion partielle.

L'apprenant doit dialoguer avec le système pour progresser dans la connaissance du cas. La réalité est donc supposée plus ou moins connue par l'apprenant, il dispose d'un ensemble d'informations, et doit pour progresser soit demander des informations complémentaires, soit proposer une solution. Le système doit procéder à la reconnaissance de la conclusion proposée et peut être satisfait soit partiellement soit totalement.

L'éditeur de simulation de cas est le plus proche d'un système expert.

1.3.5 – L'éditeur Arlequin

Deux sortes d'objets, les pages et les modules, sont gérés et assemblés de façon à proposer un ensemble cohérent qui constituera un cours.

L'éditeur de pages permet de composer un écran à partir d'un fond, des textes successifs et des graphiques qui devront apparaître à l'élève.

L'éditeur de modules est un analyseur syntaxique du langage mis à la disposition de l'auteur et utilisé par celui-ci lors de la conception des séquences de dialogue avec l'élève.

1.3.6 – L'éditeur fonctionnel

Vu de l'éditeur fonctionnel, un didacticiel se compose de dialogues, eux mêmes décomposés en éléments plus simples ou objets pédagogiques, mis en place à l'aide des fonctions de manipulation associées à chaque type d'objet.

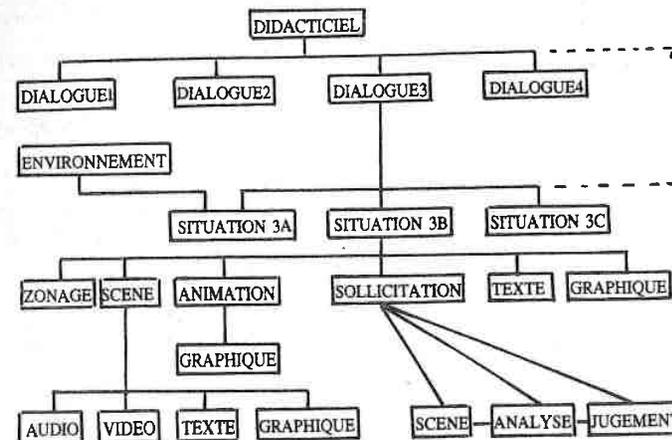


schéma 5 : Structure d'un didacticiel

Un *dialogue* est composé de situations pédagogiques dont l'enchaînement dépend du comportement de l'élève.

Une *situation pédagogique* est constituée d'une présentation et d'un échange entre les deux partenaires.

Une *présentation* correspond à un découpage éventuel de l'écran en fenêtres, avec pour chacune une scène associée.

Une *scène* est la synchronisation entre l'affichage de *texte*, de *graphique*, d'*images* et de *sons*.

Un *échange* est une *sollicitation* avec saisie d'une ou plusieurs réponses de l'apprenant (sous forme de frappe au clavier, désignation sur écran...) suivie de l'*analyse* de la réponse (par rapprochement avec des modèles textuels, graphiques...) et *jugement* permettant de présenter des scènes commentaires en bouclant sur la situation pédagogique, et de mémoriser le comportement de l'apprenant (schéma 5).

Treize fonctions permettent de créer, modifier, cataloguer les différents objets, d'organiser leur présentation, ainsi que d'organiser l'interactivité et le déroulement pédagogique.

Les différentes fonctions offertes sont :

- la fonction *didacticiel* qui permet d'exprimer les conditions d'accès aux dialogues
- la fonction *dialogue* qui exprime les liens entre les situations pédagogiques
- la fonction *situation pédagogique* qui permet l'assemblage des objets pédagogiques créés
- la fonction *scène* qui réalise la composition et l'affichage de textes, graphiques ou images et la synchronisation des éléments sonores
- la fonction *texte* qui permet l'édition d'objets pédagogiques de type texte
- la fonction *police* de caractères qui permet la création de polices
- la fonction *graphique* qui autorise la création d'objets graphiques issus d'objets mathématiques simples (cercle, rectangle..) ou transformés (par symétrie, rotation, affinité, homothétie..)
- la fonction *animation* qui permet l'animation d'objets graphiques complexes référencés, en définissant les mouvements de ces objets (déplacement suivant une loi de

- translation, variation de leurs tailles par affinités successives, effets lumineux par alternance d'allumage et d'extinction des motifs...)
- la fonction *zônage* qui partage l'écran en différentes zones dédiées à des utilisations précises (présentation de messages, énoncé de questions, réponse, aide, commentaires...)
 - la fonction *sollicitation* qui définit les caractéristiques de l'interaction (temps accordé, aides accessibles, nombre d'essais autorisés...)
 - la fonction *analyse de réponse* qui définit les modèles de réponses attendues et les tolérances (imprécision, taux d'erreurs autorisé, orthographe, syntaxe ou autre...)
 - la fonction *jugement de réponse* qui permet de définir les traitements conditionnels (à une série de conditions sont associées des scènes explicatives, le maintien dans la situation, le passage à la suite...)
 - la fonction *environnement* qui est destinée au suivi des apprenants.

Destinés à la création d'objets pédagogiques de type audiovisuels, l'éditeur d'images et l'éditeur de sons trouvent leur place dans une situation pédagogique, comme un ensemble de fonctions mises à la disposition de l'auteur, conjointement avec les fonctions graphique ou texte. Ces deux dernières fonctions peuvent même être utilisées comme phase préparatoire de création d'objets de type texte ou graphique, avant incrustation de ces objets sur l'image.

Outre les problèmes de synchronisation imposés par l'utilisation de l'image et du son (temporisation d'affichage ou d'écoute pour permettre des délais suffisants à la compréhension des éléments à percevoir...), l'utilisation de tels objets pédagogiques impose un élargissement de certaines notions comme les types de réponses. Il faut définir des modèles et des critères d'égalité, de satisfaction après sollicitation. Les réponses de l'apprenant peuvent se faire suivant deux scénarios. L'apprenant choisit l'objet image ou son parmi un ensemble d'objets proposés, et dans ce cas l'auteur doit prévoir et réaliser tous les choix possibles. La deuxième possibilité est que l'apprenant dispose des fonctionnalités qui lui permettent de créer ces objets [BENNANI 1984].

Chapitre 2

LES ACTIVITES D'IMAGERIE ET L'ENSEIGNEMENT

Ce chapitre cherche à expliquer les phénomènes spécifiques à la perception des images, ainsi que les différentes utilisations qui en sont ou peuvent en être faites dans l'enseignement.

2.1 - LA PERCEPTION VISUELLE

Les problèmes de perception des images tiennent à la fois à des raisons physiologiques (perception) sous les aspects qualitatifs (forme et couleur) ou structuraux (dessin, relation) et psychologiques (interprétation suivant les liens sémantiques).

Le système de vision humain présente des caractéristiques qu'il faut connaître afin de savoir quelles sont les limites de perception de ce capteur.

L'image formée par l'oeil est à deux dimensions, c'est l'arrangement des objets qui permet d'obtenir une impression tridimensionnelle (schéma 1), écartement de deux objets différenciant suivant la distance, diminution dans une direction donnée, égalisation des longueurs par l'oeil, parallaxe de mouvement, parallaxe binoculaire, régulation automatique (focus, convergence).

Détecter un petit détail spatial de l'image caractérise l'acuité. La perception d'un objet (couleur, trame et forme) dépend de la luminosité du fond sur lequel il apparaît, de sa brillance, de sa taille et de sa durée d'apparition.

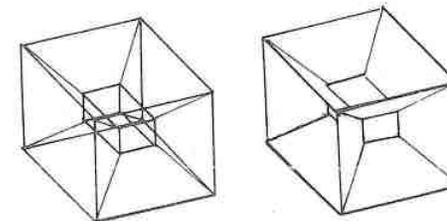


schéma 1 : Perception tridimensionnelle

2.1.1 - Anatomie et physiologie de la vision [KERAVEL]

- Le processus de la vision met en jeu trois appareils qui sont :
- . un capteur, l'oeil
 - . un récepteur, la partie du cerveau qui constitue le cortex visuel

des organes de transmission, le nerf optique (portion proximale et distale), le "chiasma" (fusion des nerfs optiques), la bandelette optique, le corps géniculé latéral.

L'oeil peut être considéré comme une matrice de photorécepteurs de deux types (cônes et bâtonnets) reliés au nerf optique par l'intermédiaire de cellules bipolaires, elles mêmes reliées aux cellules ganglionnaires.

Trois canaux parallèles transmettent le message de l'oeil au cerveau: dès la rétine trois type de cellules codent les différents paramètres de l'image selon des principes incompatibles et les transmettent à des structures centrales différentes.

Il existe chez les mammifères supérieurs deux systèmes de vision correspondant à deux types de fibres à conduction rapide ou lente.

Au niveau du cortex on trouve deux zones correspondant aux deux modes de transmission des stimulus définis par leur position dans l'espace (rétinoptie), leur dimension (pouvoir de résolution spatiale ou acuité), leur durée d'apparition (sensibilité temporelle), leur contraste (sensibilité au contraste), leur couleur (sensibilité chromatique), leur mouvement absolu et relatif (sensibilité au mouvement et à la direction), leur position respective dans les champs récepteurs des deux yeux (sensibilité à la profondeur et stéréopsie) et leur texture.

Dans la couche superficielle, on retrouve une projection visuelle organisée de manière rétinoptique avec magnification de la région fovéale [VITAL].

Dans la couche profonde, les neurones seraient susceptibles de transformer une information visuelle spatiale en une réponse motrice adaptée visant à la capture de cette information par la rétine centrale (saccades oculaires et mouvements de la tête, accommodation, convergence et constriction pupillaire).

Vision fovéale et vision périphérique

La vision fovéale et la vision périphérique sont utilisées pour la régulation de la posture et des réflexes oculomoteurs.

La rétine n'est pas homogène. Au centre la *fovéa* (diamètre 400 μ chez l'homme) est la zone où la densité des récepteurs est la plus élevée. On n'y rencontre que des cônes et il y a une relation quasi univoque entre cône, cellule bipolaire, cellule ganglionnaire et fibre du nerf optique. Dans cette zone étroite, on peut imaginer que la rétine fonctionne comme une caméra: l'image visuelle est décomposée grâce à une grille de photorécepteurs, en messages élémentaires comprenant chacun une mesure de l'intensité du stimulus lumineux capté.

La rétine périphérique possède des cônes plus gros et moins nombreux. Le phénomène s'accuse au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la *fovéa*. Elle est par contre plus riche en bâtonnets, mais de nombreux photorécepteurs convergent vers une seule cellule bipolaire, puis de nombreuses cellules bipolaires convergent vers une seule cellule ganglionnaire. Au total 130 millions de photorécepteurs se projettent sur un million de fibres optiques.

Ces différences anatomiques permettent de comprendre les deux modes de fonctionnement: la *fovéa* fonctionne surtout à la lumière du jour, elle est très discriminative, l'acuité visuelle est maximale. La vision périphérique possède un seuil beaucoup plus bas, puisque les différents bâtonnets connectés à une seule fibre optique additionnent leurs réponses à un stimulus lumineux. Elle est plus adaptée aux basses intensités lumineuses, elle est plus sensible mais moins précise. Le signal transmis par chaque fibre optique correspond une convolution des signaux enregistrés par l'ensemble des photorécepteurs afférents.

Identification et localisation spatiale des objets

Le système *rétino-tectal* détecte avec une précision relative, la position des objets dans le champ visuel périphérique et génère le programme moteur correspondant.

Le système *géniculo-strié* prend en charge l'ajustement final et permet l'identification des objets. Il interroge essentiellement la partie centrale de la rétine.

La rétine périphérique contribue au processus pour déterminer la chronologie et l'emplacement des fixations successives du regard dans l'exploration d'une forme.

Le traitement de l'information visuelle dans le cortex strié permet probablement la constitution d'une trace durable et représentative de l'objet vu. La confrontation avec d'autres traces déjà stockées permet la reconnaissance, l'utilisation, la dénomination de l'objet et constitue l'expérience visuelle.

Vision monoculaire et binoculaire

La vision binoculaire permet de fusionner en une perception unique les sensations recueillies par chacune des deux rétines. Les fondements sont au nombre de trois: le champ visuel commun, la possibilité anatomique d'addition des images et la fusion sensorielle [SARAUX 1983].

Les stimulus transmis tout au long de la chaîne neuronale, correspondent à une vision monoculaire sans profondeur de champ. Le phénomène semble paradoxal au niveau du chiasma, et pourtant il se propage jusqu'au cortex strié où la vision sans relief correspond à une analyse élémentaire du monde visuel. Au-delà de la redondance des messages et de l'analyse fine des disparités perceptives monoculaires, naît la vision binoculaire (stéréoptique).

Jusqu'au cortex sont véhiculées des informations parallèles dont l'analyse expérimentale permet d'étudier le caractère précis mais parcellaire: la position, l'axe d'orientation, les bords et contours du stimulus. Ces informations acquièrent une dimension spécifique le long de la chaîne neuronale qui va de la rétine au cortex. La juxtaposition de ces fragments d'information est probablement à l'origine d'un processus d'abstraction progressive du message visuel.

Après avoir sommairement étudié le mode de fonctionnement de l'oeil, nous abordons la perception plus spécifique des images. Dans le paragraphe 2.4.4 nous évoquerons rapidement les différences entre vision textuelle et imagée.

2.1.2 — La perception des formes

La perception mosaïque

L'élément de base de l'image est le point, et les variations de grosseur font apparaître les formes. «*La trame photographique joue sur les différentes grosseurs des points d'un réseau régulier, et l'ensemble des signes formant la trame est synthétisée au niveau du cerveau, mais l'image est perçue indépendamment de la trame*» [DURAND 1980].

La mosaïque utilise cette propriété: vu de près, l'oeil perçoit les détails composant l'image mais ne les comprend pas, et l'image ne devient compréhensible que lorsqu'ils sont vus sous un angle assez faible, ce problème est un problème de trame. Ce phénomène a aussi été utilisé par les impressionnistes en établissant la règle disant que le choix d'une touche doit être proportionnel à la dimension du tableau.

Les effets de champ

Ce sont des illusions relatives aux différentes relations qui existent entre les éléments du champ perceptif



schéma 2.1 : Effets de champ

Une pastille noire entourée de petites pastilles noires semble plus grande que la même pastille noire entourée de grosses pastilles noires (schéma 2.1).

Un même cercle apparaît plus grand quand il est entouré d'un cercle concentrique plus grand, et plus petit quand il entoure un cercle concentrique un peu plus petit (illusion de Delboeuf).

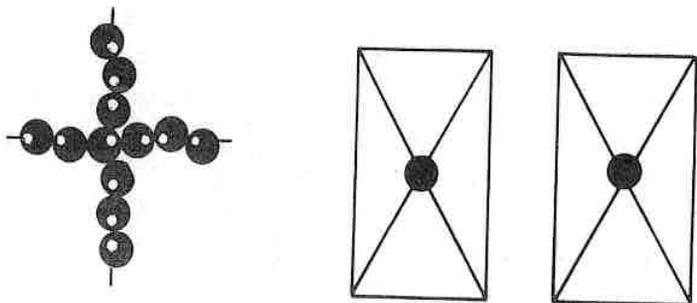


schéma 2.2 : Effets de champ

Des points blancs disposés en séries de lignes droites "perdent" leur disposition rectiligne si on entoure chacun d'eux d'un cercle noir dans lequel ils occupent chacun une position excentrique (effet d'appartenance locale).

Le centre visuel d'un espace se trouve situé plus haut que le centre géométrique (schéma 2.2).

La forme des objets influence aussi la perception, des objets aux contours nets paraissent avoir une coloration plus intense que des objets à bords flous (effet Musatti).

2.1.3 - La perspective

La perspective est la projection, sur un plan à deux dimensions, d'objets tridimensionnels ainsi que de leurs rapports spatiaux, de telle sorte que l'image représentée corresponde à la vision habituelle des objets dans l'espace.

La perspective a des sources culturelles, opposées à la perception naturelle (cf les peintures "naïves"), nous apprenons à lire la perspective, et Piaget définit trois étapes de la perception spatiale correspondant à différents degrés de maturité et d'éducation: espace topologique, espace projectif puis ensuite espace perspectif de type euclidien.

Dans l'image, les notions telles que haut et bas, intérieur et extérieur, proche et lointain peuvent se révéler toutes interchangeables.

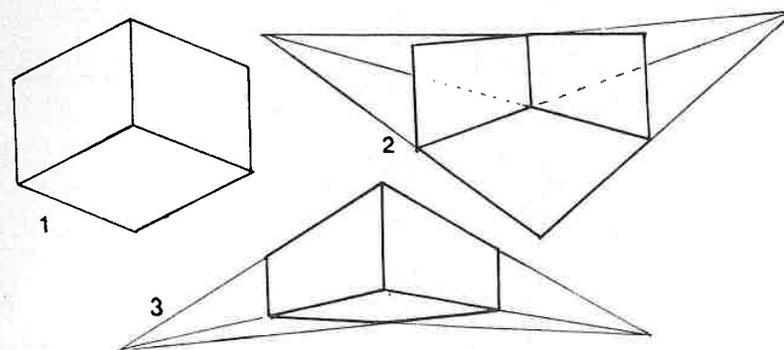


schéma 3 : Perspective

Le cube représenté en 1 sur le schéma 3 ne permet pas de percevoir une ligne d'horizon et il peut être perçu comme les trois faces externes d'un cube ou alors comme les trois faces internes. Les autres schémas permettent de discerner la vision externe du cube et la vision interne grâce à la matérialisation de la ligne d'horizon et la perspective cavalière.

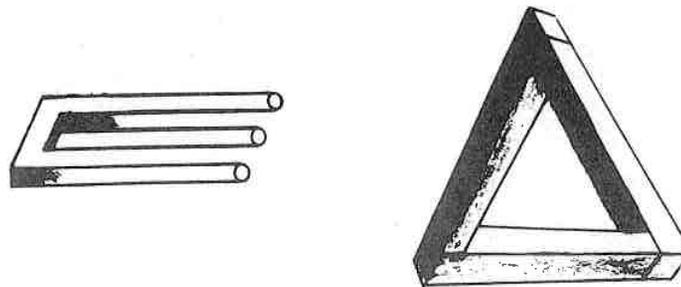


schéma 4 : Les objets impossibles

La conséquence immédiate est la création d'images où la logique vient contredire la réalité tel le trident de R.L. Grégory: l'objet existe en dessin mais il est impossible à réaliser en réalité (schéma 4). Les surréalistes utilisent toutes les fictions de la perspective pour créer des mondes à partir de rapports nouveaux entre points, surfaces et volumes. Les cubistes rompent l'espace perspectif en représentant simultanément un même objet sous différents angles et se ramènent ainsi aux deux dimensions du support pictural. La diffusion d'images holographiques risque de bouleverser notre approche de l'image photographique.

2.1.4 - Les relations forme-fond

Il existe des figures dites réversibles, c'est à dire qu'un élément de l'image peut occuper l'avant plan ou au contraire, l'arrière plan. Le principe essentiel est celui selon lequel tout champ perceptif se différencie entre fond et forme.

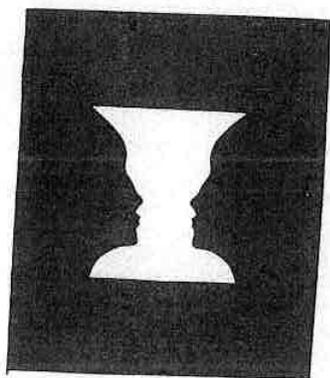


schéma 5 : Figure réversible, le vase de Rubin

La forme est nettement distincte du fond. La forme est CLOSE et STRUCTUREE, c'est à elle que le contour semble appartenir. Son émergence dépend des caractères objectifs de structuration (relations géométriques, de contraste..) ainsi que de facteurs subjectifs (fixation, attention..) et de la prédominance des premiers ou des seconds.

Le fond possède toutes les caractéristiques inverses de la forme.

Le dessin proposé (schéma 5) pour illustrer cette théorie peut être perçu comme

- la forme est une coupe, le fond est noir
- la forme est la silhouette de deux profils de personnages se découpant sur un fond lumineux. L'interprétation est laissée libre suivant le choix du récepteur, la personne qui regarde l'image l'interprète suivant ses propres schémas perceptifs et mentaux établis par des habitudes, une idéologie (acquis individuels) ou des stéréotypes liés à une structure sociale (acquis culturels qui dépendent du lieu et de l'époque).

2.1.5 - Le rôle des couleurs

Le champ visuel n'est pas perçu comme un tableau de points indépendants. Pour être distinguée, une région doit être entourée de bords, c'est à dire un changement de luminosité. L'utilisation des couleurs renforce certains effets.

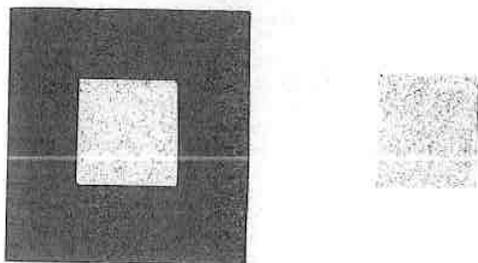


schéma 6 : Contraste simultané

Un carré gris sur fond noir semble plus clair et plus grand que le même carré sur fond blanc (contraste simultané), une figure grise sur fond jaune paraît plus foncée que la

même figure sur fond bleu, le fond modifie la tonalité des formes placées dessus (schéma 6) [MISSOTEN].

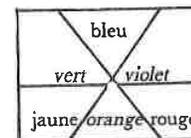
La perception du spectre coloré est modifiée par les variations du niveau lumineux. Avec très peu de lumière les couleurs tendent à se confondre. Avec une intensité moindre, le bleu semble plus lumineux que le rouge (effet Purkinje). Avec un peu plus de lumière, le rouge est la couleur la mieux perçue, en lumière normale réduite le spectre a un aspect vert et rouge (effet Abney), il tend vers trois couleurs, bleu, vert, jaune en lumière vive (effet Bezold-Brucke), et à très haut niveau, il se décolore (éblouissement) [CHEVALERAUD].

La nature de la lumière est importante (lampe blanche, à vapeur d'hélium, de mercure ou de sodium..) et modifie la perception.

Notre travail reposant sur les images en couleurs, il nous a semblé important de chercher à comprendre les spécificités de la perception colorée. C'est pourquoi nous nous sommes tournés vers les personnes qui ont étudié de façon sélective ce phénomène, les peintres impressionnistes.

La technique impressionniste, à base de taches colorées, est sans doute, la technique la plus proche de la photographie. Elle a pour but de traduire les objets tels qu'ils sont vus sous l'action déformante de la lumière, par l'abandon du dessin-contour précisant la forme et suggérant le volume. Sans être spécialiste des subtilités différenciant le pointillisme (technique s'inspirant des mosaïques byzantines) et le divisionnisme des néo-impressionnistes, il est intéressant de regarder comment ces peintres ont analysé la couleur et les principes qui sont à la base de leur oeuvre.

La technique est celle du mélange optique de pigments purs (juxtaposition de couleurs pures des couleurs du prisme, c'est l'oeil qui réalise le mélange) et l'abandon du mélange pigmentaire. Cette technique est utilisée par des logiciels artistiques afin d'augmenter la palette des couleurs disponibles, par alternance de points colorés, et cela au détriment de la résolution réelle. Selon les lois de contraste simultané énoncées par Chevreul, deux couleurs complémentaires (vert et rouge), ou deux couleurs complémentaires binaires (violet et vert), s'exaltent et deviennent plus intenses lorsqu'elles sont juxtaposées, mais s'annihilent si elles sont mélangées.



bleu, jaune, rouge: couleurs fondamentales ou génératrices

vert, violet, orange: couleurs binaires ou mixtes

Par exemple si on juxtapose les deux couleurs vert et violet, elles s'exaltent de la façon suivante: la couleur complémentaire du violet étant le jaune, le vert paraît plus jaune, de même la couleur complémentaire du vert étant le rouge, le violet paraît plus rouge. Violet et vert qui contiennent du bleu paraissent moins bleus. Deux teintes contenant la même couleur pure voient celle-ci s'atténuer lorsqu'on les juxtapose. Chaque couleur tend à colorer l'espace environnant de sa complémentaire. Il en résulte que l'ombre d'un objet se teinte toujours légèrement de sa complémentaire. Ces peintres réalisent la séparation des divers éléments (couleur locale, couleur d'éclairage et leurs réactions), et les équilibrent suivant les lois du contraste, de dégradation et d'irradiation. Ils retrouvent les lois de la lumière (lumière réfléchi et diffuse).

La perspective n'est plus fondée sur les règles de la géométrie mais se réalise du premier plan vers la ligne d'horizon par la dégradation des teintes et des tons (degré d'intensité).

Le pouvoir discriminant de la couleur

Si la couleur aide de façon générale à la compréhension de l'image, il existe des cas où on joue sur la perception colorée pour tromper (camouflage militaire, caméléon...). Il peut même se produire un effet contraire: la perception en fausses couleurs est mal comprise par les radiologues dont l'éducation visuelle a été faite à partir d'images radiologiques en niveaux de gris.

La perception colorée d'un champ visuel n'est pas identique car la rétine n'a pas des propriétés colorimétriques identiques sur toute sa surface.

Les perturbations de la perception colorée peuvent être de différents types, les plus communs étant le daltonisme (une altération d'origine chromosomique de certaines couches de la rétine provoque une confusion des couleurs, le pouvoir discriminant de l'œil est diminué) et les dyschromatopsies (le sujet a une perception d'une seule couleur, ce genre d'accident peut être provoqué par des intoxications digitales, pendant un certain temps le sujet voit tout en vert).

On peut considérer quelques lois: de similitude, de proximité, de bonne continuation et de clôture déduites de l'observation de ces phénomènes. Il faut remarquer que les qualités visuelles ne suffisent pas à la perception d'objets divers, il faut ajouter une mémoire qui permet, dans le cas de figures ambiguës, de déterminer de façon probabiliste quel objet peut intervenir dans un certain type de scène.

2.2 - LES IMAGES MENTALES

L'image peut être considérée de par ses propriétés structurales, c'est à dire par son organisation, ou par son rôle fonctionnel au service des activités psychologiques.

Le processus d'imagerie est l'étude d'analogies entre l'image et le perçut grâce à une perception ou une mémorisation.

La pensée serait, d'après la théorie associationniste, fondée sur les sensations, les affects et les images. D'autres écoles (Wurzburg) insistent sur le fait que la majeure partie des processus mentaux se déroulent à un niveau auquel il n'est pas possible d'accéder consciemment. Les unités non analysables de la pensée seraient classées en conscience d'une règle, d'un sens ou de relations, et lors des activités de pensée, la signification n'apparaît jamais sous forme imagée.

En réalité, il semble qu'une solution médiane soit de considérer que des images peuvent apparaître au cours de l'activité mentale, mais que le travail qui assure leur évocation ou leurs transformations est non imagé.

2.2.1 - Les phénomènes d'imagerie d'après Denis [DENIS 1979]

L'image de mémoire n'est pas une reproduction fidèle de l'expérience originale, mais le résultat d'un processus mettant en jeu une synthèse des informations relatives à cette expérience. C'est une forme de recodage de l'information par des unités d'ordre supérieur appelées *chunks* par certains théoriciens (Miller, Galanter, Pribram). L'image est prise alors dans un sens plus large, comme l'ensemble du savoir organisé dont le sujet dispose personnellement et qui concerne son environnement. «*La structure profonde de l'image reste fondamentalement abstraite et non accessible à l'analyse introspective, alors que l'image elle-même est éprouvée par l'individu dans ses propriétés structurales analogues à celles des événements perceptifs*». On parlera alors d'images visuelles, capables d'évoquer différentes propriétés des objets perçus (forme, couleur, texture...), d'images auditives, tactiles, olfactives ou gustatives. Malgré cela on peut souligner la prépondérance des images visuelles dans l'activité psychologique.

La valeur d'imagerie des mots

Certaines expériences ont montré le pouvoir évocateur des noms, et leur efficacité se mesure dans leur capacité évocatrice. Ceci est vrai plus particulièrement pour les noms concrets. L'imagerie aurait donc un rôle important à jouer dans l'apprentissage du langage verbal. La compréhension d'une phrase est rendue plus aisée ou plus rapide si le sujet a la possibilité d'évoquer une image de la scène décrite dans la phrase. Mais d'autres mots sont très riches en valeur d'imagerie bien que peu concrets, ce sont des termes correspondants à des valeurs affectives ou émotionnelles. Inversement des mots jugés très concrets, mais rarement impliqués dans les expériences personnelles des sujets, n'ont qu'une très faible valeur d'imagerie.

Lors de la phase d'apprentissage, il ne semble pas possible de se limiter aux seules formes de représentation mentales que sont les images et le langage verbal, car il existe des formes de représentation plus abstraites inaccessibles à l'expérience subjective, de nature conceptuelle et propositionnelle plutôt que sensorielle et perceptive.

L'**image consécutive** est «*la persistance momentanée d'un état sensoriel induit par un stimulus bref et intense, après la disparition de celui-ci*». Ses caractéristiques sont l'instabilité spatiale et son côté éphémère.

L'**image consécutive de mémoire** est «*un phénomène transitoire de mémorisation visuelle se situant au-delà du niveau rétinien mais en deçà des processus de codage impliqués dans l'activité perceptive*».

L'**image eidétique** est une évocation de l'image d'un objet disparu, nette et riche en détails, de durée variable, consciemment différente de la perception et qui pourtant ne peut être confondue avec le souvenir. C'est un phénomène peu répandu qu'on retrouve plus fréquemment chez les enfants retardés mentaux ou les sujets porteurs de lésions cérébrales.

2.2.2 - Les capacités individuelles d'imagerie

Les différentes phases de l'activité d'imagerie sont

- la situation perceptive
- la situation imaginative (reconstruction, évocation de l'image visuelle du modèle aussi précise que possible)
- la situation de rappel (évocation de structures d'ordre supérieur).

Des similitudes existent concernant les analogies fonctionnelles entre les mises en jeu de représentations imagées à partir de situations perceptives (dessin) et ou à partir de situations imaginatives (consignes d'imagerie). Il existe un certain isomorphisme entre les stimulus physiques et les représentations internes correspondantes démontré par R. Shepard.

Il y a compétition entre les activités d'imagerie et les activités perceptives simultanées, accentuée si le signal et l'image sont de même nature (visuel, auditif...), correspondant à une confusion des signaux plutôt qu'à un phénomène de distraction. De même, il y a interférence entre les représentations subjectives (imaginatives) et les représentations dessinées (perceptives).

2.2.3 – La mémoire sémantique

Définition

C'est par définition l'ensemble des éléments (ou "unités de représentation") d'un acquis cognitif, restitué lors de l'activité d'imagerie grâce à des processus spécialisés.

Propriétés

- Elle se fixe grâce au représentant d'une classe ou catégorie, considéré comme un prototype et caractérisé par un ensemble de "traits" correspondants à des propriétés physiques directement sollicitées par l'activité perceptive. Ce sont des traits sémantiques figuratifs permettant d'évoquer des représentations "kinesthiques ou proprioceptives" aussi bien que des formes imagées visuelles. Le résultat est que la définition "psychologique" des catégories n'est pas toujours conforme à leur définition logique. Mais c'est une représentation particulièrement économique synthétisant une importante somme d'informations sur la classe concernée.

- Elle est constamment mise à jour, et les différents processus mis en oeuvre lors de l'activité d'imagerie (solicitation, éveil, activation) ne suivent pas des règles déterministes et figées, leur priorité est modifiée et remise en cause de façon dépendante des derniers acquis de la mémoire, constituant un "état d'actualité cognitive". L'intérêt de cette mise à jour est de sélectionner rapidement les processus pertinents vis à vis de la tâche à effectuer. On conçoit donc que différents processus peuvent s'appliquer à la même unité de représentation. Il n'est pas nécessaire qu'un stimulus ait été perçu consciemment pour qu'il influence l'activité d'imagerie qui lui succède. On peut différencier une mémoire à long terme et une mémoire de travail dans laquelle seraient conservées les informations perceptives contemporaines de l'activité. Il existe aussi une certaine variabilité liée au contexte et aux contraintes spécifiques de la situation.

- Deux conceptions s'affrontent concernant la taille et le format des unités de représentation: la première considère l'image comme une entité dont tous les éléments sont solidaires et indissociables, l'autre que l'image est le résultat de la composition de diverses unités de représentation plus élémentaires et distinctes. En fait on ne peut se limiter à la nature purement composite de l'image, car l'évocation de traits peut induire d'autres évocations de traits de par les corrélations existant entre eux, traduisant ainsi des propriétés structurales.

2.2.4 – Conclusions

L'image mentale se compose d'une partie structurée, correspondant à la synthèse des informations perçues, combinant des données particulières (objet ou épisode précisément situé dans le temps ou l'espace) et des concepts génériques, et d'une partie plus aléatoire, liée à la personne qui mémorise certains points particuliers suivant des caractéristiques difficiles à définir puisque individuelles. A cette perception se rattache un ensemble de données liées aux différents liens sémantiques établis par l'individu, là encore de façon très personnelle.

L'accès à ces images peut se faire grâce au pouvoir évocateur des mots, mais aussi par des perceptions similaires touchant le domaine cognitif sans que la démarche soit explicitée.

2.3 – L'INTERPRETATION DES IMAGES

Si l'émetteur conçoit son message en fonction de son environnement socio-culturel, le récepteur l'accepte en fonction de ses propres données. La perception et surtout l'interprétation de l'image diffèrent suivant les spectateurs. Le message n'est plus réduit à une structure interne dont le sens est donné par l'auteur, mais il est vécu par chaque lecteur suivant des itinéraires dont ce dernier doit être conscient.

2.3.1 – La perception subjective des formes

Influence de l'espace

Si on considère une photographie comme un découpage dans le temps et dans l'espace, l'axe visuel de la prise de vue modifie la perception de l'espace. Le photographe, par les effets obtenus de façon volontaire (plongée, contre-plongée ou angle de niveau) cherche à transmettre des impressions qui sont alors ressenties par celui qui regarde l'image selon ses propres habitudes visuelles. La plongée provoque des impressions d'isolement, d'écrasement..., la contre-plongée partielle provoque des effets de force, de puissance, de joie... mais les deux sont cause de difficultés de perception. A la notion d'angle de prise de vue est associée la notion de dominé et de dominant.

La distance des prises de vue

Les différents plans permettent de préciser certains points que le photographe désire mettre en valeur. L'utilisation de focales différentes se substitue au mouvement. En animation, le zoom continu provoque un investissement grandissant du spectateur dans la scène, une intimité. En photographie, on suggère une neutralité par des plans à distance moyenne mais le gros plan est révélateur d'un esprit d'inquisition, voire même de malveillance par ses effets déformants.

Le cadrage

La notion de cadrage est aussi importante par le fait que c'est une fenêtre qui limite la vision du phénomène et oriente la perception. Il peut la fausser complètement dans certains cas par une vision partielle et partielle, on privilégie certains éléments (quelques personnes regroupées peuvent donner l'impression de la foule) ou au contraire on élimine certains (fils ou poteaux télégraphiques...).

La place qu'occupe dans le cadrage un élément principal, renforce ou diminue l'attrance pour cet élément. Le centre de l'image est un point fort, les éléments amenés dans la partie droite se placent aussi à des points forts plus attirants que dans la partie gauche, pour les personnes dont le sens habituel de lecture est de gauche à droite. De ce placement dépendent des qualités d'harmonie et d'équilibre.

2.3.2 – La perception subjective des couleurs

L'éclairage

Lorsqu'il est latéral, il augmente le relief et le modelé. L'opposition entre ombre et lumière est largement utilisée pour provoquer des effets spéciaux: frayeur provoquée par des éclairages en contre-plongée sous les visages.. La distribution de la lumière et de l'ombre suit certains rapports, l'intensité lumineuse permet la variation d'"atmosphères". La diminution de contraste provoque une connotation de douceur, d'intimité, de mélancolie..

Les couleurs

L'investissement de valeurs particulières dans les couleurs dépend d'une sensibilité personnelle mais aussi d'un tissu éducatif et culturel (le blanc est le symbole de pureté en occident, le noir symbole de tristesse..). La vision de la couleur est donc autant physiologique que psychologique (couleurs chaudes, froides..). La coloration d'un objet peut en modifier l'appréciation, poids et volume (un cercle coloré avec des effets de

transparence induit l'idée d'une bulle de savon, symbole de légèreté, alors que des reflets métalliques feront penser à une bille de métal), la solidité, la qualité..

2.3.3 - Les traits pertinents

La présence de traits pertinents, reconnaissables aisément par le spectateur, permet à celui-ci d'interpréter facilement une image et de l'intégrer à sa culture. Comment différencier un chameau d'un dromadaire tant qu'on n'a pas vu son profil? A l'opposé l'absence de traits pertinents fait que le spectateur va chercher dans ses propres expériences des raisons valables d'interprétation suivant son propre acquis. On associe ce qu'on voit à ce qu'on connaît.

C'est ce qui se passe en macro-photographie ou les images proposées ne permettent plus la référence à un monde connu et où on perd alors la notion de dimension, on ne sait plus si on se situe à l'échelle infinitésimale ou à l'opposé.

Il doit exister des termes de comparaison permettant de rendre compte de la taille des objets représentés, mais la lecture d'une image peut différer par l'inversion d'indices. Comment reconnaître la mer et le ciel? C'est bien le récepteur qui gère les indices et les ordonne. Il en privilégie un sous-ensemble et cela influence la mémorisation qui peut être globale ou ponctuelle.

Les stéréotypes

Dans une image, le spectateur recherche souvent ce qui renforce sa propre expérience. C'est une vision schématique de la réalité. Les stéréotypes sont largement utilisés dans les messages visuels afin d'augmenter l'impact du message auprès du public (en publicité). Mais ils ne sont pas perçus de la même façon par tous. Ils peuvent être source de burlesque lorsqu'ils sont utilisés à contre-emploi.

2.3.4 - L'influence du texte sur l'interprétation de l'image

Les images sont de type polysémiques, on peut donc limiter leur compréhension par l'adjonction de renseignements auxiliaires, texte, signes ou symboles. Ce paragraphe cherche à montrer comment ces deux techniques influent sur la perception.

2.3.4.1 - Adjonction de texte

Rapports entre texte et image

Le texte peut intervenir sur l'image de façon directe, par superposition, ou indirecte (composition de pages) à différents degrés.

- Le texte donne un sens complet à l'image, il l'explique et informe sur le message, l'image n'est donc qu'une illustration dont le rôle est documentaire, il est possible que les indices contenus dans l'image ne soient pas connus par un type social ou culturel.

- Le texte est redondant par rapport à l'image: c'est utile lorsqu'on souhaite insister sur un point important. Il en renforce l'interprétation.

- Le texte infléchit le sens de l'image, dans le cas d'ambiguïtés d'origine spatiale ou plus simplement si les indices contenus peuvent donner lieu à plusieurs interprétations possibles.

- Le texte s'oppose au sens de l'image, cet effet de contradiction est utilisé en publicité afin de susciter un effet de curiosité ou une fixation plus importante.

Pour les photos de presse, le sens de l'image est induit par le texte qui a un rôle de caution quant à l'objectivité du message visuel, et peut même tendre à le neutraliser.

2.3.4.2 - Adjonction de signes ou symboles

Le signe est une représentation simplifiée d'une notion lorsqu'elle est acquise (dessins symboliques sur les cartes géographiques, code de la route...)

Le lecteur peut ou peut ne pas connaître la signification de signes, et la lecture reste

incompréhensible. Le signe est encore plus lié au connoté du spectateur, de son âge, de sa culture, de son milieu.. Le signe est symbolique, acquis. L'adjonction d'une flèche sur une image représentant une forêt sera interprétée le plus souvent comme un outil de désignation, mais un jeune enfant peut imaginer la présence d'indiens (ou Robin des Bois!).

2.4 - LES AUXILIAIRES FIGURATIFS DANS L'ENSEIGNEMENT

L'image est une synthèse d'informations utilisant les facultés mnémotechniques de l'élève quand elle est sous forme graphique, ou sa mémoire visuelle dans les autres cas afin de fixer plus sûrement les concepts à apprendre.

2.4.1 - Les besoins

Outre les possibilités de communiquer avec de très jeunes enfants non encore scolarisés, ne sachant donc ni lire ni écrire, l'image reste un moyen privilégié d'éducation de personnes en situation d'échec social ou culturel, de blocage (adolescents, handicapés présentant un retard scolaire: troubles affectifs, caractériels, troubles cognitifs de la pensée et du raisonnement) [LOEB 1984]. Même en cas de démence (dégradation des facultés intellectuelles), il s'est avéré que les possibilités de compréhension et d'acquisition de connaissances demeurent, par l'intermédiaire de l'ouïe et de la vue, c'est à dire les sons et les images, et tout handicapé peut espérer trouver là des moyens d'expression.

Le problème des handicapés est accru par l'imbrication entre handicap moteur et intellectuel dans le cas de problèmes néo-nataux, et pour les personnes devenues accidentellement handicapées physiques, même si les facultés intellectuelles ne sont pas toujours diminuées, l'enseignement par le son et l'image permet de côtoyer la réalité, rendue bien souvent inaccessible par le handicap (visite d'usines...).

C'est dans le monde technique et industriel que l'utilisation de l'image est la plus banalisée. Depuis longtemps, elle est utilisée en formation continue au sein des entreprises sous la forme de montages audio-visuels. Son importance est croissante: les nouveaux supports de stockage des images facilitent la diffusion de notices techniques tout en réduisant leurs volumes de façon sensible.

En résumé, l'image trouve sa place dans l'enseignement auprès des jeunes enfants, des handicapés, dans l'enseignement technique et professionnel, afin de permettre à quiconque de réactualiser ses connaissances afin de suivre l'évolution des sciences et des techniques, ainsi que dans la lutte contre l'analphabétisme.

Les besoins qualitatifs sont très différents suivant les matières. En chimie par exemple, le dessin peut être grossier, mais il nécessite la couleur, en anatomie ou en biologie l'image doit être précise.

L'apprentissage associatif dans le domaine des langues est plus performant car les stimulus sont représentés sous forme de dessins plutôt que sous forme verbale. Suivant les matières on peut montrer que dans certains cas l'acquisition de notions scientifiques est favorisée lorsque l'élève dispose de matériels graphiques dépouillés d'éléments trop réalistes, grâce à une appréhension directe des éléments et de leurs relations. L'efficacité de situations trop proches de la réalité est réduite par l'abondance de détails qui tendent à détourner l'attention de l'élève des aspects essentiels du message. Cependant un degré extrême de schématisation peut être défavorable, l'association entre le graphisme et l'image est la solution qui est la plus profitable à la stabilité à long terme des connaissances acquises, le graphisme par son coté structuré et l'image par ses apports qualitatifs et les valeurs affectives associées.

Les besoins quantitatifs sont aussi très variables suivant la matière enseignée; pour une science théorique comme les mathématiques, ils seront assez faiblement exprimés (malgré les recherches des IREM), mais plus on se rapproche des sciences d'observation, plus l'utilisation de l'image joue un rôle important. Son intérêt est de pouvoir se substituer à la

réalité dans le cas où celle-ci n'est pas perceptible directement : étude de phénomènes dans le temps (retour dans le passé, projection dans le futur) ou dans l'espace (milieux inadaptés à l'homme, sous-marin, souterrain).
L'image peut être utilisée dans l'enseignement lors des activités d'observation, de traitement ou de simulation.

2.4.2 – Les finalités

Les finalités de l'utilisation de l'image correspondent à des objectifs d'éducation sous ses deux aspects documentaire et pédagogique par des exercices de repérage, de latéralisation, d'orientation: tous types d'exercices correspondant à une prise de conscience du domaine spatio-temporel, préparatoire à l'écriture ou à la rééducation (dyslexies, dysgraphies, dyscalculies...), et des exercices de contrôle de soi, de sens de l'observation.

Si l'introduction de l'image permet une rupture de rythme, elle favorise certains types d'apprentissage.

L'image photographique a pour but pédagogique une approche réaliste de phénomènes, d'observations. C'est aussi un élargissement grâce à l'intégration d'une notion dans un ensemble plus vaste (généralisation de schémas), dans une situation plus proche de la réalité, ou encore, dans un changement de l'échelle des temps ou de l'espace. L'image photographique possède une richesse documentaire qui facilite la connaissance.

L'utilisation de schéma favorise la prise de conscience des diverses relations qui existent entre les composants, il indique les modes de fonctionnement. En simplifiant la réalité, le dessin-schéma souligne les formes des objets et les traits essentiels. Il correspond à une synthèse des informations. Le schéma facilite la mémorisation et l'apprentissage.

Si l'image réaliste favorise l'enseignement, elle est aussi pour l'apprenant un investissement personnel dans un monde, une localisation. L'image imaginaire est un moyen d'expression de l'apprenant (utilisation en psychologie), elle permet l'augmentation du pouvoir créatif. L'image symbolique favorise la compréhension d'objets abstraits. Elle crée des mécanismes affectifs plus que des mécanismes de compréhension (à la notion de chaleur peut correspondre l'image du feu ou du soleil).

L'introduction de la couleur permet l'augmentation du pouvoir discriminant de l'œil. Certains détails sont mis en évidence. Une image est plus compréhensible lorsqu'elle est colorisée, que lorsqu'elle est tramée (hachurages divers ou pointillés). La couleur a un pouvoir attractif.

L'image fixe place l'élève dans une dimension spatiale, l'image animée le place dans une dimension temporelle (fugacité des images nombreuses).

2.4.3 – Les contraintes

Liées à l'utilisation de l'image, elles sont l'obligation de préparer les documents car l'image est une synthèse d'informations de type polysémique où chaque apprenant privilégie un sous-ensemble du document présenté. La richesse de l'information est compensée par un risque de dispersion de l'attention de l'apprenant. Il faut donc mettre en évidence les parties significatives, voire même simplifier par l'utilisation de schémas.

D'autres contraintes existent liées au support de visualisation des images: utilisation d'écrans souvent dans de mauvaises conditions de vision, de position et d'environnement.

L'accroissement de la fatigue oculaire est en partie lié à la distance entre le sujet et l'écran. Les contrastes de luminance, la brillance de l'environnement et les reflets provoquent des éblouissements. L'utilisation d'écrans en contraste inversé (symboles clairs

sur fond sombre) augmente les difficultés (faible quantité globale de lumière issue de l'écran donc sollicitation anormale des régions périphériques du champ visuel...). Les variations d'intensité lumineuse périodique ou aléatoire induisent des changements fréquents de l'état d'adaptation de l'œil.

Pour qu'une information soit visible, il faut qu'elle soit présentée pendant un certain temps qui dépend de la taille de l'objet.

Sur les systèmes anciens, l'image perdait beaucoup en qualité de luminance, chrominance et définition sur les bords de l'écran. Ces défauts sont en voie de résorption avec l'arrivée de nouveaux écrans plats, haute résolution.

La multiplication des couleurs sur écran pose des problèmes de focalisation, d'identification et de confusion des couleurs, des illusions de relief (le jaune donne une illusion de proximité, le bleu clair semble plus distant). Lors de la présentation de textes sur un fond coloré, il faut tenir compte de ce que la vision parafovéolaire de lettres ou de mots est liée au contraste et que la diminution de celui-ci réduit le champ de lecture [HERMANS 1986].

2.4.4 – Les spécificités

Les phénomènes de compréhension globale de l'image sont opposés à la compréhension linéaire d'un texte dont la principale caractéristique est la séquentialité. La perception et la mémorisation de l'image et du texte s'exécutent suivant deux processus différents. Ce phénomène est lié à l'inhomogénéité des propriétés de la rétine: c'est au centre de la rétine que l'accuité est maximale. La lecture d'un texte se traduit par des mouvements oculaires particuliers, ainsi qu'une "focalisation" sur un espace réduit au détriment du reste de la page. Elle sollicite plus particulièrement la vision fovéale. Les mécanismes de la compréhension sont concentrés sur ce qui est lu et il se crée une inhibition partielle de l'environnement qui est perçu mais non compris ou analysé. Il peut être mémorisé de façon globale. À l'opposé, la perception de l'image active les phénomènes de vision périphérique. Tout l'espace vu est interprété grâce aux mécanismes de compréhension globale de l'individu. Le cortex peut alors ordonner les mouvements oculaires qui permettent de privilégier certains détails du champ visuel. La perception précise de ces détails et la trace des mouvements oculaires nécessaires qui en établit les différentes relations spatiales, constituent la trace en mémoire de l'image perçue.

D'autres spécificités sont liées au phénomène visuel, telle la perception dans un espace à deux dimensions d'objets existants dans un espace de dimension supérieure.

2.4.5 – Les limites

Les limites d'utilisation de l'image sont liées au télescopage permanent des deux échelles de temps et d'espace. Une autre limite est la restriction de la perception aux seules images visuelles en oubliant toutes les autres formes d'images mentales.

Intégration des échelles de temps

Certains phénomènes sont très fugaces (éclosion de fleurs, passage de comète...), les fixer par une image et les percevoir seulement à travers cette image réduit leurs dimensions.

Présenter une planche sur laquelle figure le même arbre, mais à des saisons différentes impose, des contraintes (angle de prise de vue identique, conservation de l'environnement afin que l'objectif reste cerné, car si entre temps on a rasé toute la végétation figurant initialement autour de l'arbre, on ne dispose plus de points de repères, et la perception se disperse pour recréer l'environnement initial). La présentation en planche facilite les comparaisons, mais elle ne permet plus la perception du facteur temps.

Si on présente simultanément un arbre et ce même arbre abattu et à terre, il y a une

notion d'échelle de temps implicite, la première photo est antérieure à la seconde. La simulation du temps peut se faire par projection de ce qu'on peut observer à des instants voisins sur différents états d'un même phénomène: exemple des parcelles en agriculture ou sylviculture. L'image animée est favorable à l'intégration de l'échelle temps. Par son aspect séquentiel, le film introduit bien la notion avant-après, il n'en est pour preuve que l'utilisation de fondu-enchaînés sur des séquences d'images réduisant l'échelle de temps (exemple: pousse et éclosion de fleurs).

L'utilisation de l'image fixe pour sensibiliser l'élève au phénomène est intéressante du point de vue pédagogique et permet de tester sa compréhension par des exercices dont le but est de classer les images suivant leur antériorité (reconstitution de mouvements d'animaux: saut de la grenouille, reptation d'un lézard, reconstitution de scènes...)

Intégration des échelles d'espace

L'incrustation de détails proposés simultanément permet la comparaison, voire même l'identification.

Exemple: Afin de permettre l'observation de différentes essences d'arbres, dans une même forêt, on présente pour chaque essence, une image en grossissement d'une ou deux feuilles. Bien que l'observation porte sur le même type d'objet, les feuilles, on perd la notion d'échelle car leur taille est très variable, pour une même essence et aussi pour des essences diverses (feuilles de châtaigner et feuille de jeune hêtre). La notion d'échelle de longueur disparaît aussi par le fait de la vision simultanée de l'arbre et d'un détail, la feuille. Les détails peuvent aussi être fournis à la demande pour faciliter et approfondir l'observation (exemple: la détermination d'un champignon).

Les difficultés de compréhension peuvent être réduites par l'utilisation de zooms en continu pour percevoir les détails et là encore l'image animée vient au secours des difficultés introduites par l'image fixe.

Cependant il faut observer que si l'image animée facilite la compréhension d'un phénomène, lors de la phase d'étude, l'image fixe permet de tester l'acquisition des connaissances et la compréhension.

Perception individuelle

L'auteur des sources iconographiques travaille avec ses propres objectifs et sa personnalité. L'investissement personnel est important, il est difficile dans le domaine des images de garder une attitude neutre car ce domaine relève d'activités artistiques où l'affectivité joue un grand rôle. Le même sujet photographié par deux personnes différentes n'est pas "rendu" de la même façon. A la limite on peut considérer que seul l'auteur des sources iconographiques est capable de mettre en valeur les connaissances portées par le document, car lui seul possède complètement le domaine connoté (circonstances exactes des prises de vues, luminosité, température, jour, heure...) mais aussi tout ce qu'il a perçu au même moment grâce à ses différentes activités sensorielles et qu'il peut parfois chercher à exprimer par des effets particuliers. Il peut agir sur le réel et le modifier, à la prise de vue par l'emploi d'objectifs spéciaux (Fish-eye qui déforme les perspectives...), au traitement (réticulation, solarisation...), au tirage (surimpression, masques, recadrage...). On rejoint la photo d'art, mais il semble important de garder présent à l'esprit que la dissociation entre observation et interprétation reste difficile puisque l'observation se fait à travers un capteur particulièrement déformant qui est l'homme, limité par ses possibilités sensorielles.

L'image n'existe que parce qu'un auteur l'a créée, mais aussi parce qu'un public l'a vue. L'image n'est donc pas la réalité: elle lui ressemble et elle la reconstruit. Rechercher la beauté d'une image se fait au dépend du sens profond et la dénature. En EAO, plus qu'ailleurs, l'image doit rester objective, ou alors il faut éduquer les spectateurs à une perception plus objective, à déjouer les tromperies.

L'image est un instantané qui transfère au permanent une situation qui peut n'avoir une signification que pendant ces quelques brefs instants, et être toute différente autrement. C'est pourquoi, lorsqu'on a la possibilité de présenter une situation réelle après l'avoir

étudiée sur des documents photographiques, on se rend compte combien la perception est différente dans les deux cas et le phénomène observé peut sembler soudainement inconnu.

2.5 — APPORTS DE L'IMAGE EN EAO

Les spécificités

L'utilisation de l'image en EAO apporte des contraintes et des limites. Il faut concevoir quels types d'interactions peuvent se produire, sous quelles formes apparaîtront les sollicitations, les réponses ou les corrigés. Comment s'enchaîneront les séquences d'utilisation de l'image, quels délais de réflexion seront autorisés afin de laisser un laps de temps suffisant pour permettre à l'élève de saisir les informations, ou quels délais entre les réémissions.

La technique apporte des limites.

- Un écran ne peut contenir qu'une petite portion d'un contenu textuel complexe, 24 lignes possibles mais inutilisables: si on désire que l'information soit bien perçue, il faut les limiter à 10-12. Un écran correspondant à une image est donc infiniment plus riche qu'un écran de texte.

- L'image peut apparaître sous différentes formes, graphique, image de synthèse, vidéo ou image numérisée. Suivant celles-ci, ses caractéristiques diffèrent. Malgré une structuration dans certains types d'images qui entraîne une simplification, il faut quand même noter une caractéristique qui est sa TAILLE importante.

- L'image animée est caractérisée par la redondance des informations contenues dans les films (images nombreuses et quasiment identiques), c'est pourquoi l'image utilisée par l'ordinateur dispose souvent d'une animation spécifique.

Les utilisateurs potentiels

Ils se trouvent à différents endroits, avec des rôles différents suivant qu'on considère auteur ou utilisateur.

Les premiers se situent

- dans le cadre d'ateliers de création de didacticiels
- dans la formation professionnelle: il n'y a ni limites ni programme bien défini, par contre le responsable d'éducation peut souhaiter intervenir dans l'enseignement, en apportant ses propres sources iconographiques, ou en modifiant celles qui lui sont proposées. L'image est un outil pédagogique qu'il est nécessaire de créer ou de manipuler à l'aide d'éditeurs complétant la panoplie déjà existante d'éditeurs textuels ou graphiques.

Les seconds sont des élèves ou des apprenants qui sont en phase d'observation de documents, en phase de simulation ou en phase de création.

Les qualités et défauts

Ils sont liées aux caractéristiques intrinsèques de l'image, mais ce sont aussi ceux de la technique.

Les défauts de l'image sont sa grande variété de supports physiques entraînant une multiplicité des matériels de visualisation (document sur papier, diapositives, micro-fiches, films-caméra ou magnétoscope...). Les deux formes analogique et numérique impliquent un encombrement mémoire, des temps de traitement et des temps de transfert importants. Ceux-ci se trouveront diminués grâce aux études menées sur les logiciels de création, de manipulation ou d'utilisation de l'image (en détectant les redondances dans les instructions, les optimisations possibles...), en améliorant les performances du matériel utilisé en traitement d'image, que ce soit les composants ou l'architecture spécialisée des ordinateurs, des technologies de transfert comme les réseaux à haut débit (fibre optique...), ou de stockage (les vidéodisques ou les CD-ROM...).

La manipulation, incrustation et fléchage reste difficile et lente (problèmes spécifiques de l'image animée et de l'incrustation de textes destinés aux mal-entendants).

Un dernier défaut est d'ordre économique. L'utilisation de l'image est coûteuse parce qu'elle nécessite des matériels divers (caméra, appareil photographique, système de création de dessins...), du personnel qualifié dans sa phase de création ou de saisie, parce que la taille des informations correspondantes est parfois prohibitive pour certaines utilisations ou certains matériels. Par exemple, l'incrustation d'images est un phénomène connu sur les chaînes TV. C'est le résultat de chaînes de post-production et de régies vidéo d'un coût très élevé, mais l'intérêt de l'utilisation de l'image fait qu'on voit naître actuellement de nombreux petits systèmes permettant l'incrustation de graphique sur un signal vidéo.

Les perspectives

Les rapides progrès de la technologie permettent d'affirmer que dans un avenir très proche, les problèmes seront résolus :

- simplification des fonctions et des outils de manipulation d'images numériques, une intégration dans des bases de données d'images réalisera l'homogénéisation des différents supports, la diffusion des images obligera une forme numérisée.

- la capacité de stockage sera augmentée par l'utilisation de disques optiques numériques, ce sont les futures mémoires de masse, surtout quand la technologie des EDRAW sera répandue.

- la transmission rapide par codage et l'utilisation de réseaux spécialisés permettra une diffusion plus importante, et les coûts de revient pourront alors diminuer.

Ces différents points seront développés plus longuement dans le chapitre 4.

Finalités

L'image permet des types de réponses particuliers dans le cas de difficultés d'expression (par des schémas, des dessins mais aussi en offrant une plus grande richesse d'expression par l'approche de la réalité, grâce à l'utilisation de bibliothèques de morceaux d'images, puzzles...). Par l'utilisation de l'ordinateur, des moyens simples permettent de traduire des gestes complexes : dans le cas du dessin, c'est offrir la possibilité en appuyant sur des touches (geste primaire) de simuler les gestes complexes (tracer un cercle, colorier une surface...).

Une des raisons d'utiliser l'image numérique par rapport aux images analogiques ou diverses (diapos) est homogénéiser les contenus didactiques afin de garder des informations identiques (tout en numérique) et par suite de rassembler les équipements permettant la création et le stockage de telles représentations numériques. C'est aussi de diminuer le temps de manipulation des différents matériels.

Enfin c'est aussi individualiser le travail de l'élève en banalisant le poste utilisateur grâce à la diffusion croissante par des réseaux spécialisés permettant l'interactivité, d'images couplées au son.

2.6 - SCENARIOS D'UTILISATION DE L'IMAGE DANS L'ENSEIGNEMENT

Cette partie permet d'évoquer quelques utilisations possibles de l'image dans l'enseignement. Elles ne sont pas limitatives, et on ne saurait oublier toutes les utilisations possibles dans le domaine de l'enseignement technique, de la formation professionnelle, ou de la maintenance. Les scénarios ont été définis grâce à l'intervention de formateurs d'enseignants du cycle secondaire, c'est pourquoi les exemples donnés sont tirés des programmes d'enseignement de la sixième à la troisième, avec toutefois quelques exemples liés aux études menées par un groupe d'enseignants dans les classes maternelles, s'adressant donc à des enfants ne sachant ni lire ni écrire.

2.6.1 - Enseignement secondaire

La réflexion d'un groupe de travail d'enseignants du secondaire, portant sur les prérequis des enfants sortant du collège, en biologie, révèle que si les enfants sont interrogés en termes de concepts, les réponses obtenues se font sous forme de bribes de phrases et l'impression est qu'ils n'ont rien retenu de l'enseignement diffusé dans les classes de collège. A cette remarque, on peut objecter que s'ils sont interrogés sur des images représentant les concepts enseignés, ils sont plus loquaces. Les images ont donc un rôle mnémotique important et une conclusion qui s'impose est de proposer au travers d'un cycle d'enseignement l'utilisation d'images identiques avec différents degrés de conceptualisation, variant avec le niveau de la classe.

L'avantage de présenter les mêmes images est double : pour les élèves, outre une certaine familiarisation, l'approfondissement des notions acquises, pour les enseignants, la collection d'images reste identique et elle est donc plus facile à obtenir et par là moins onéreuse.

Exemple 1 :

Préciser un détail d'image par un effet de loupe est intéressant dans de nombreux cas (feuilles d'un arbre, détail de tableau...), la localisation de ce détail par superposition de la loupe sur l'image initiale n'est cependant pas souhaitable dans tous les cas, car le jeune enfant a des difficultés pour situer les différents espaces et des problèmes d'échelle, par contre cela peut se faire plus tard lorsque sa maturité est plus développée et que ces difficultés sont résolues.

Ce type d'utilisation de l'image permet de faire ressortir les détails caractéristiques et l'identification.

Exemple 2 :

Autre problème : certains enseignants regroupés au sein d'organismes tel les IREM (Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques), cherchent à utiliser le nouvel outil qu'est l'ordinateur pour faire passer des notions difficiles à acquérir. Pour l'introduction de la notion de racine carrée, l'approche peut se faire suivant le scénario suivant : rechercher parmi des rectangles dont l'aire à une valeur constante A, celui qui a le plus petit périmètre. Dans un premier temps, la simulation se réalise en écrivant un algorithme qui dessine et donne les variations possibles, dans un intervalle donné $[0..10]$, et suivant un certain pas (0,5), des dimensions c1 et c2 des côtés du rectangle d'aire $A=10,24$. Dans un deuxième temps on recommence sur un intervalle plus proche de la zone de la solution précédemment observée, on peut aussi affiner le pas. On obtient ainsi le résultat $c1=c2=3,4$. Par construction on a alors une approche expérimentale de la notion de racine carrée et les mathématiques, science théorique, se transforment alors en science expérimentale beaucoup plus perceptible pour les élèves dont le niveau scolaire est la classe de quatrième.

Pourquoi l'introduction de l'ordinateur ? Seul un système automatisé peut permettre la réalisation de ce type d'expérimentation sans la rendre trop fastidieuse et trop longue par une masse de calculs et de dessins manuels.

Exemple 3 :

Simulation d'une gestion de forêt.
Le but recherché est de montrer les effets de certains paramètres sur l'évolution d'une forêt. On sélectionne une essence noble (chêne), et on coupe les essences secondaires. Une "coupe d'éclaircie" provoque une diminution du couvert, c'est à dire une augmentation de l'ensoleillement. On peut donc supposer initialement que l'effet principal de cette coupe va être de permettre la croissance (grossissement) des arbres existant. Or un effet parasite peut exister, si d'autres espèces d'arbres ont une croissance plus rapide que ceux initialement sélectionnés, et que ce phénomène est accentué par l'ensoleillement, alors la seconde espèce se développera au détriment de la première. C'est l'exemple du hêtre qui file vers la lumière. Le deuxième phénomène à observer est qu'après une soixantaine

d'années, la croissance diminue au profit d'un ensemencement permettant la régénération de la forêt, l'écartement favorise alors le développement des semis.

Pourquoi ce genre de simulation? Les problèmes sont des échelles de temps. Une espèce demande 100 à 150 ans pour se développer, il n'est donc pas pensable d'attendre le résultat de certaines actions. L'échelle de temps est résolue par l'utilisation de parcelles.

Comment observer ce genre de simulation? La seule possibilité est de parcourir des parcelles de forêt pour voir ces effets. Pour observer les effets du facteur âge, et ces seuls effets, il faut observer le même type "de station" (parcelles ayant les mêmes facteurs: situation en bordure de plateau, même intensité de ravitaillement en eau, même degré de pente...). Cela impose des contraintes de distance et il serait intéressant de réduire cette échelle de distance en présentant des photos prises dans les différentes parcelles plutôt qu'obliger l'élève à parcourir le terrain.

Quelles aides l'informatique peut apporter à ce genre de situation? Après avoir collecté les photos des différentes parcelles, on désire, suite à une demande de l'apprenant, lui présenter les photos adéquates. Cela se ramène donc à définir des parcours dans une base de données d'images et la solution réside en l'utilisation d'un vidéodisque piloté par un logiciel de simulation correspondant aux différents accès possibles.

Exemple 4:

La tectonique des plaques.

La situation actuelle est la présentation de divers éléments ponctuels, volcans en éruption, failles... par des photos et des schémas correspondant aux trois situations possibles: intra-plaque (comme l'île de la Réunion où la croûte est mince et susceptible d'être rompue par la masse sous-jacente en perpétuelle fusion), à la limite de deux plaques qui s'éloignent ou se rapprochent. Le phénomène à étudier est à une tout autre échelle, celle du globe terrestre avec l'étude des phénomènes de dérive des continents. Outre ce problème d'échelle, la difficulté est l'observation sur place rendue impossible du fait que la plupart des observations se passe en milieu marin. La présentation ne peut donc se faire qu'à l'aide d'images et l'intérêt serait de permettre l'association entre les éléments ponctuels recueillis, avec d'autres plus généraux types photos satellites.

Comment l'informatique peut intervenir dans ce genre de situation? A l'image de ce qui est réalisé dans certains logiciels du type Domesday Book, on peut imaginer une présentation plus dynamique du phénomène avec par exemple la visualisation d'une carte mondiale sur laquelle sont signalées les principales failles et zones volcaniques. La désignation d'une faille fait apparaître des images ou des schémas à une échelle plus grande... (logiciel de type mapp-walking). La visualisation d'une série d'images permet alors de tirer des conclusions concernant des caractéristiques ou au contraire des traits communs. La possibilité de voir simultanément sur un même écran différentes icones facilite cette approche. Mais on peut aussi espérer que l'informatique, en permettant de traiter les images, autorise une simulation imagée plus réelle du phénomène alors qu'actuellement cette simulation ne peut se faire qu'avec l'aide de schémas.

Exemple 5:

L'étude du système nerveux de la grenouille.

Cette étude consiste en une série de gestes hautement traumatisants pour cet animal puisqu'en réalité cela se termine par la mort de celui-ci. Les difficultés de cette étude sont dans le désordre, un problème de moyens et un problème moral pour les associations de protection des animaux. Le problème de moyens est d'une part la raréfaction de ces animaux solutionné en partie grâce à l'importation, mais la seconde incidence est le coût dont la conséquence est l'impossibilité de recommencer en cas d'erreur de manipulation de la part de l'élève.

Une solution partielle consiste en la réalisation d'un didacticiel de simulation de cette expérience. L'élève peut aborder le problème suivant deux démarches pédagogiques, soit à l'aveuglette, soit grâce à la construction d'une méthodologie de travail. Ce type de simulation donne à l'élève un droit à l'erreur, puisqu'il peut reprendre le didacticiel, mais cette erreur doit être sanctionnée de façon à ce que le droit à l'erreur ne corresponde pas

au droit de faire n'importe quoi. La réserve émise par certains enseignants sur ce didacticiel est liée essentiellement au fait que les différentes présentations se font sous forme de graphique, et ne sont donc pas représentatives de la réalité, ce qui est fondamental dans les disciplines d'observation. L'image naturelle s'impose donc.

Exemple 6:

Etude des relations alimentaires entre les animaux et les différentes essences existant dans un milieu naturel.

Cette présentation est illustrée actuellement par des schémas présentés sur feuille de papier individualisée. Le but est que les élèves mettent en relation des animaux qui sont représentés dans une forêt avec certains éléments de la forêt, le lien est réalisé sous forme de flèche (sanglier-glands...)

Le désir des enseignants est de conserver l'interactivité de ce type d'exercices, mais aussi de rester le plus proche de la réalité en présentant non pas des schémas mais des images réelles, et le problème est d'obtenir ces images. Les obtenir directement est très difficile, car cela suppose l'observation de l'animal en situation de se nourrir, et cela pour chaque sorte d'animal.

La solution informatique peut consister en la création de l'image résultat à partir de différentes images sources dont on extrait les objets pertinents. De cette façon, sur un même fond de forêt, peuvent être présentés différents animaux, photographiés dans une situation quelconque, après correction des rapports de taille des différents éléments composant l'image résultat si nécessaire.

Exemple 7:

Utilisation d'un ensemble d'images représentant une série de tableaux.

Le but du travail est, à partir d'un ensemble de documents soumis à un élève, de l'amener à faire une synthèse de caractéristiques d'une époque. Retrouver à travers les modes vestimentaires, les attitudes des personnages, les couleurs des vêtements... les préoccupations et les problèmes de l'époque illustrée. Il n'est pas possible de présenter réellement un ensemble de tableaux, sauf si on se situe géographiquement dans un endroit privilégié, c'est donc par l'intermédiaire de reproductions de ces tableaux que l'étude sera menée. Outre la réalisation de la collection à présenter, l'élève doit être guidé dans sa démarche, et encadré afin de percevoir dans des informations nombreuses, ce qui doit l'aider. L'informatique peut intervenir à ce niveau en proposant un système expert capable de se substituer en partie à l'enseignant de façon à individualiser la recherche.

2.6.2 — Enseignement primaire

(Exposition réalisée à l'école G.BIZET, Villers-les-Nancy, Juin 1985)

Le choix du travail sur l'image est lié à la richesse de ses composantes, à la pluralité et la diversité des notions conquises à partir de ce travail: la distance entre l'objet et l'image, le passage du réel à l'imaginaire, la diversité des composantes formelles de l'image (sa texture suivant le support utilisé, les formes et les matières de ses éléments pour le graphisme, les couleurs, les dimensions avec les phénomènes de cadrage, le fléchage ou l'agencement des éléments les constituant), la symbolique ou tout ce que les images expriment. Ce paragraphe montre à travers quels exercices les enfants ont été conduits à percevoir ces différentes entités.

Intégration de l'enfant dans l'image

Elle est réalisée par l'implication de l'enfant dans le scénario, grâce à une distribution des rôles de la façon suivante. On projette des images dans un espace où les enfants interviennent par leur présence (ombres mouvantes, empreintes) ou leurs dessins...

Détournement de l'image: appel à l'imagination

A partir de formes, de dessins, de tableaux, les enfants doivent interpréter ce qu'ils perçoivent, compléter des parties cachées par des formes créées (dessins), des textures ou

des images (tissus imprimés, cartons ondulés, découpages dans des journaux). Ils sont aussi amenés à réaliser le prolongement d'un fragment d'image.

Situation spatio-temporelle: le corps par rapport à l'image

Grâce aux ombres portées, par des projections sur différentes surfaces planes ou non, par des déformations (jeux de glace), l'enfant apprend à se situer dans l'espace. L'image diffère suivant sa position (devant, derrière, à côté...). Il est sollicité par des jeux développant la latéralisation, par exemple: le basket lui permet de savoir si le ballon est en position haute ou basse.. (schéma 7)

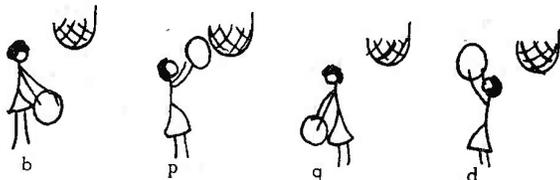


schéma 7 : Jeu de basket

Le passage du concret vers l'abstrait correspond à une évolution du dessin vers l'écriture. Si on reprend l'exemple du jeu de basket, la position du ballon en bas et à gauche du personnage est identique à l'assemblage d'un bâton et d'une boule pour réaliser la lettre "b".

La manipulation d'images mobiles réalise une orientation dans l'espace par cadrage, ajustement, déformation, inversion. Les images mobiles sont des images fixes projetées sur des supports mobiles (écran suspendu qui peut tourner..).

Le passage d'un objet (3D) à une image-objet (2D) se réalise grâce à une représentation à plat d'une scène en volume par superposition de calques figurant chacun un plan-image.

La narration

Une suite d'images permet d'imaginer une histoire par évolution d'états (logiciel spécialisé: MIMI la Fourmi, une lettre correspond à une action, par exemple N fait venir la nuit: modification de la couleur du ciel, disparition progressive du soleil et apparition de la lune et des étoiles, E deux escargots parcourent le sentier sur l'air du Boléro de Ravel etc...).

Appréciation et jugement

L'évaluation du dessin se fait à partir d'une image qui disparaît et réapparaît alternativement.

Les composantes de l'image sont perçues à travers des exercices portant sur la couleur, les supports, les outils nécessaires à la réalisation (craie, pinceaux..), les formes, les dimensions, le type de graphisme et la composition de tous ces éléments.

La reconnaissance des couleurs et l'influence d'une couleur sur une autre correspond à des découpages où le fond et les formes découpées sont même couleur ou de couleurs différentes.

Interprétation

L'enfant cherche à donner un sens à un élément par la fabrication de visages, de mimiques suivie d'interprétation, la tristesse, la gaieté...

Adaptation

L'apport d'un élément nouveau dans l'image provoque une nouvelle situation

Quelques types d'exercices orientés

comparaisons: pour acquérir les notions de grandeur, de volumes (boules de sapin plus ou moins nombreuses, longueur d'un train modifiée par adjonction ou retrait de wagons, verre de grenadine plus ou moins plein)

latéralisation: se déplacer dans un labyrinthe dans quatre directions possibles ← → ↓ ↑

reconnaissance de sons i,a,o.. dans les mots courants représentés par des dessins simplifiés

mimétisme: recréer un train identique à celui proposé en disposant de tous les éléments (types de wagons, couleur...)

reconstituer une fleur ou un dessin grâce à un photostyle dans une grille

comptage de pions (dominos..).

2.7 – LES PRODUITS AUDIOVISUELS INTERACTIFS

On étudie ici la problématique de la conception et de la réalisation de produits intégrant des images, des sons, et les réactions du spectateur.

Les produits visuels classiques sont de type narratifs ou linéaires (l'exemple typique est le film). L'interactivité est la *possibilité donnée à l'utilisateur de dialoguer, au sens large, avec une machine* [ROTENBERG 1985]. L'intervention peut être liée à des phénomènes émotifs, affectifs, de la curiosité ou un investissement quelconque de la personnalité du spectateur.

Un produit audiovisuel interactif (AVI) est donc la réunion d'un produit audiovisuel (cinéma, vidéo..) et de programmes informatiques gérant le débit, la succession ou la sélection des images en fonction des actions du spectateur (schéma 8).

Les interventions du spectateur sont de nature et de formes diverses: réponses, questions, choix de décision, jugement, essai, réflexe, pilotage.. Elles peuvent se réaliser sous la forme de sollicitations par le programme à des instants déterminés, ou sur l'initiative du spectateur.

Au plan des produits didactiques, un produit audiovisuel interactif peut correspondre à une pédagogie d'adaptation de la présentation ou du contenu, suivant les différents niveaux d'intérêt, ou suivant le rythme de progression de l'utilisateur.

Au plan des produits ludiques, un AVI permet l'introduction d'événements insolites qui induisent l'arrivée de nouvelles phases.

Les outils

Ce sont les lecteurs de vidéodisques optiques à laser, des magnétoscopes adressables, des projecteurs de diapositives ou des magnétophones à cassette, et on peut même imaginer des lecteurs d'audio-disques numériques. Les fonctions de base du matériel sont: lecture, pause, accéléré, ralenti, avant- arrière, recherche d'une image... Les fonctions composées sont: lecture à partir d'une image, recherche d'une séquence, effets spéciaux (de lumière, fondu de rythme..).

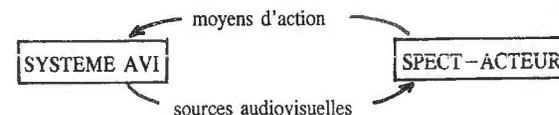


schéma 8 : Fonctionnement d'un AVI

Les sources audio-visuelles

Ce sont les moyens d'expression audiovisuels au sens informatique du terme, c'est à dire les outils de sortie du système vers le spectateur: moniteur vidéo, console de visualisation d'ordinateur, écran de projection ou de rétro-projection, synthétiseur de voix,

haut-parleurs, panneaux lumineux, imprimante, table traçante, maquette animée...
 Les moyens d'action correspondent à l'entrée des informations (données) du spectateur vers le micro-ordinateur : clavier alphanumérique ou spécialisé, écran tactile, photostyle, tablette à numériser, souris, manettes et boutons de jeux (joystick, paddles), entrées vocales...

Les intentions de l'auteur

Elles visent à

informer par des parcours variés, on procède par association d'idées, sélection ou enchaînement par thème, on passe de la généralisation vers le détail, par comparaison, par rapprochement d'images, de sons, de textes...

sensibiliser grâce à des expérimentations simulées, on conduit à la découverte des données d'un problème, des règles et des lois, des conditions d'application...

étonner surprendre en interrompant une séquence, en permettant la rediffusion d'une séquence

faire appel à l'imagination du spectateur en lui donnant des moyens pour s'exprimer.

Les produits

Ce sont des jeux, des films de fiction, des produits pédagogiques, des documents audiovisuels archivés, des documentaires d'information ou de démonstration.

Les produits pédagogiques cherchent à instruire, former, initier, éveiller. C'est l'association d'un thème et d'objets pédagogiques. C'est l'observation de phénomènes, de découvertes scientifiques, de lois, de méthodes, d'applications, d'expériences, de techniques, d'événements scientifiques, économiques, politiques, sociaux ou culturels, de faits historiques: c'est *instruire*. *Découvrir* est une démarche vers l'avant, ne nécessitant aucun prérequis. *Prendre conscience* est une démarche rétroactive, qui nécessite la présence préalable d'informations. *Elargir*, *approfondir*, *extrapoler* ses connaissances permet de clarifier des idées, des notions, et demande un esprit d'analyse, critique.

Les modes de raisonnement

dériver de l'analogie, d'association logique, de déduction et d'anticipation.

Caractéristiques d'un AVI

Le sujet est **UNIQUE**: c'est une idée ou un message à faire passer, mais il peut correspondre à plusieurs démarches possibles. Il est structuré de façon à gérer dynamiquement l'agencement des séquences audiovisuelles.

Réalisation

Elle se fait par une équipe constituée d'un concepteur (auteur), assisté d'un médiateur et d'un réalisateur. Ils dirigent une équipe de tournage composée elle-même de photographes, de graphistes, de documentalistes et d'informaticiens.

L'équipe technique réalise les travaux de production et de post-production (vidéo).

Quelques réalisations

Maryland Interactive Technologie a réalisé un programme de formation pour la création et la gestion d'une PME, exploité sur Pioneer 6000, géré par IBM-PC "The Business Disc: How to start and run a Small Business".

Convergent Communications Limited forme les employés de la Lloyds grâce à un lecteur LaserVision Philips.

Internal Training & Education System Technology Inc. propose un système d'enseignement de premiers soins aux blessés isolés: "The first Responder Program".

En association avec IMEDIA, l'INA (Institut National de la communication

Audiovisuelle), l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique) et Thomson-TITN (Traitement de l'Information Techniques Nouvelles), le CCETT a développé des jeux à but pédagogiques tels Shangai-Paris, Balageste, Silence on brûle!, Coeur.

Avec *Marion et Nicolas*, l'audiovidéographie se met au service de l'EAO. Les auteurs en sont:

- . le CCETT pour la conception du nouvel outil multimédia,
- . DIDAO pour la conception et réalisation du logiciel,
- . IMEDIA pour la réalisation des images.

Le concept de l'audiovidéographie est né dans le département ESA (Etude et Expérimentation des Services et Communication Audiovisuelle) du CCETT. Les travaux ont permis l'élaboration d'un système réalisé par TITN et XCOM comportant une machine d'édition dotée d'un langage auteur (Colimason) et d'un serveur audiovidéographique. Les sons, dont la qualité équivaut à celle du téléphone, sont numérisés et stockés sur un serveur avec les images.

Les objectifs pédagogiques de *Marion et Nicolas* sont la préparation à l'apprentissage de la lecture, de l'écriture et du calcul. Ce sont les objectifs de l'Ecole Maternelle. Ils s'obtiennent en développant les capacités d'attention, de coordination visuelle et auditive, de discrimination sensorielle, d'observation, d'abstraction et de raisonnement.

Le produit propose des exercices de repérage dans un plan et dans le temps, de reconnaissance des formes semblables, de distinction des couleurs, de codage ou d'écriture de formes simples.

Marion et Nicolas, jumeaux âgés de cinq ans, introduisent les situations proposées à l'enfant et le guident dans l'exécution, sur le terminal, d'exercices de complexité croissante.

Les images constituent un fond sémantique à l'attention des enfants qui ne savent ni lire ni écrire.

Mode de fonctionnement

L'architecture générale d'un système audiovidéographique est séparée en deux modules correspondant pour le premier à la phase d'édition des applications, et pour le second à la phase de distribution (schéma 9).

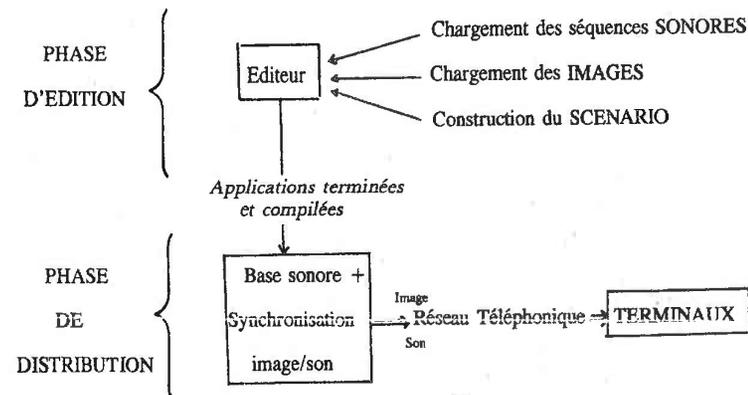


schéma 9 : Architecture générale d'un AVI

Le premier organe est un éditeur muni éventuellement d'un langage auteur, et dont le rôle est d'enregistrer les images, numériser et stocker les séquences sonores, construire le scénario interactif (problèmes de synchronisation entre images et sons, enchaînements des

images en fonction des différentes actions possibles de l'utilisateur...). L'éditeur est relié à un magnétophone pour le chargement des séquences sonores, du matériel permettant le chargement des images, et d'un poste de travail permettant la construction du scénario.

Les produits développés sont en phase expérimentale pour ce qui concerne la partie diffusion. Ils tournent sur micro-ordinateurs couplés à des vidéodisques ou sur des réseaux internes. Il est prévu que le transfert soit assuré par les réseaux publics: téléphonique commuté (deux lignes sont utilisées, une pour véhiculer l'image l'autre pour le son), ceux de vidéocommunication (vidéotex et ligne téléphonique pour le son), ou encore les réseaux numériques à 64 bits/s (RTC 64, RNIS...), dans ce cas le son et les images sont couplés sur une même liaison.

La réception se fait sur différents postes, d'après le type de réseau emprunté et les vitesses de transmission des différentes données.

Actuellement les études sont menées sur des produits intégrant des images vidéotex de deuxième génération (codage alphagométrique et non plus alphamosaïque) et des séquences sonores numérisées (bruitage, musique, parole) d'une qualité comparable à celle du téléphone. Dans le futur, on prévoit l'utilisation d'images photographiques.

Chapitre 3

REPRESENTATION D'IMAGES ET CODAGE

3.1 - INFOGRAPHIE INTERACTIVE

En EAO, l'image est l'objet qu'on veut créer et qu'on manipule. L'auteur travaille par retouches successives, ce qui nécessite un mode de création interactif.

Il faudra donc disposer d'un mécanisme permettant d'identifier un élément sur l'écran et de lui associer son homologue dans la structure de données concernée. La synthèse interactive d'images nécessite donc, outre des fonctions diverses correspondant aux manipulations, des fonctions de sélection et de désignation des composants de l'image.

3.1.1 - Critères techniques

Les critères techniques du traitement d'image sont orientés vers les problèmes de visualisation, les choix des traitements sont limités par les temps nécessaires.

Les techniques de visualisation.

Deux modes de régénération de l'image existent et correspondent à des performances très différentes :

- un mode dit à balayage cavalier, où l'écriture se fait suivant l'ordre logique de création du dessin, par affichage des différents traits le composant. Cet affichage à pour inconvénient majeur de voir sa durée augmenter suivant la complexité du dessin: au delà d'une certaine limite (un vingt-cinquième de seconde), il se produit des effets de clignotement et pour les éviter, il est nécessaire de limiter le nombre des éléments affichables.

- un mode où la régénération est indépendante de la création, avec l'utilisation de tubes à mémoire (la surface de l'écran est constamment bombardée par des électrons qui passent au travers d'une grille supportant le dessin sous la forme de charges positives), de tubes de télévision (le balayage se fait ligne à ligne, du haut vers le bas) ou de panneaux à plasma (l'ensemble des cellules de gaz est parcouru par le signal d'entretien qui maintient les cellules déjà allumées). Le principal inconvénient est le temps de création de telles présentations qui dépend en particulier des vitesses de transfert entre le calculateur et la console de visualisation.

Les principaux paramètres permettant d'estimer un système de création graphique interactif sont:

- la résolution d'écran et le nombre de couleurs simultanément disponibles: certaines applications peuvent conduire à rejeter certains types d'écran dont les limitations sont prohibitives, quand la simulation de couleur par des effets de hachurage ne peut convenir.

- la capacité à construire une image par sous ensembles (segments)

- la rapidité d'exécution des fonctions graphiques de base (translation, rotation, symétrie, zoom, homothétie, lissage automatique des courbes définies point par point). Parmi les opérations disponibles, il faut souligner l'importance des fonctions de symétrie, qui permettent de gagner beaucoup de temps en édition graphique.
- les possibilités d'animation (clignotement, défilement...).

La mesure du degré d'interactivité.

Elle s'estime à partir des possibilités de modification de la présentation graphique. Le délai de mise à jour varie suivant la technologie utilisée, instantané dans le cas du balayage cavalier, il peut atteindre plusieurs secondes dans le cas de tubes à mémoire, car il nécessite l'effacement de la totalité de l'écran puis la reconstruction de l'image modifiée. Pour les écrans à plasma, le délai de modification est lié au nombre d'éléments à effacer.

Elle dépend aussi du temps de réponse à une demande d'identification, c'est à dire l'association entre un élément graphique sur l'écran et l'objet représenté. Dans le cas de balayage cavalier, la description structurée d'objets graphiques réside dans la mémoire d'entretien et permet une association quasi-immédiate, dans les autres cas il n'y a pas de mémoire d'entretien, ou alors celle-ci est de type analogique et il faut la simuler, ce qui allonge les délais de réponse.

L'interactivité est caractérisée par la présence d'un opérateur qui, au vu des résultats, va influencer sur le déroulement du programme en lui communiquant de nouvelles informations.

L'interactivité se réalise au moyen de dispositifs de communication permettant de transmettre messages et données au calculateur. Ils sont de deux types:

- les claviers, que ce soit des claviers alphanumériques ou de fonctions
- les dispositifs de désignation directe, permettant de montrer des emplacements sur l'écran (réticule, écran tactile..) ou indirecte (souris, tablette graphique..) avec pour la plupart des problèmes quant à la précision des points désignés.

3.1.2 - Structure d'un système interactif

Un logiciel peut être considéré comme la réunion d'une bibliothèque d'algorithmes (possibilités offertes), des structures de données et un moniteur d'enchaînement (ou interpréteur) (schéma 1).

Un *logiciel graphique interactif* est constitué par un ensemble de *programmes* destinés à être insérés dans un programme d'application qui sera exploité en mode *dialogué* (souvent des menus déroulants) à travers une communication *graphique* (dispositif de désignation directe) avec le calculateur.

Le niveau de l'*application* est constitué d'une bibliothèque d'algorithmes et d'une base de données spécifiques à l'application.

Le logiciel de *description* permet, à partir des informations fournies par le programme d'application, de coder les éléments de la représentation graphique ou vue (à partir d'éléments géométriques dont l'ensemble constitue la scène par des codes tel celui de Freeman, ou des codes syntaxiques faisant intervenir un vocabulaire de base, tracés élémentaires, et des règles de composition ou grammaires, ou encore des codes géométriques utilisant des figures de géométrie élémentaire et les combinant par le biais de transformations géométriques, polyèdres, coniques, courbes polynomiales...).

Le logiciel de *préparation à la visualisation* prépare, à partir de la scène codée, une scène bidimensionnelle sur une surface de visualisation fictive, le code est alors à base de points et de segments de droites (fichier graphique). Il est composé de primitives de décodage et de mise en page (définition de sous-espaces de visualisation: les fenêtres qui sont des

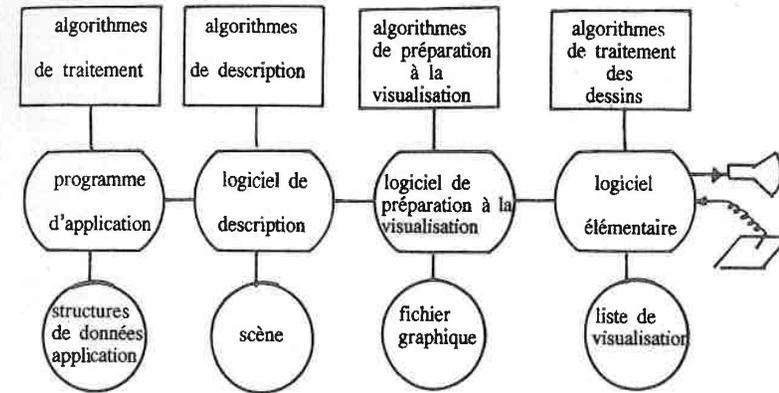


schéma 1 : Un logiciel graphique interactif d'après Lucas et coll.

espaces contenant le fichier graphique à visualiser, les clôtures qui sont des portions d'écran recevant le contenu de la fenêtre; transformations géométriques: homothétie, rotation, translation), qui sont spécifiques à la visualisation de scènes en deux ou trois dimensions.

Ce code est choisi de manière à assurer une indépendance par rapport aux applications et au matériel.

Le logiciel *élémentaire* permet d'obtenir le dessin ou l'image à partir des indications fournies par le logiciel de préparation à la visualisation. Il assure la gestion de l'écran. Il doit permettre la transmission des ordres destinés au matériel effectivement utilisé, et se substituer à certains dispositifs manquants.

3.2 - LE GRAPHISME

Contrairement à l'image, le graphisme est la simplification du réel, la mise en évidence d'une partie de la réalité, une modélisation. Son intérêt est la simplification mais surtout la synthèse d'informations nombreuses mais limitées à des objectifs précis. Un schéma correspond à un objectif pédagogique et ne peut être utilisé que dans un cadre bien précis de prérequis ou de connaissances antérieures.

Problèmes: Chaque discipline (biologie, physique, chimie) demande des fonctionnalités particulières; pour certaines la couleur est essentielle, pour d'autres la qualité du trait ou la précision est fondamentale.

Un autre problème est la distance entre schéma et réalité: dans le cas de schémas complexes, la perception est plus difficile et ne correspond pas obligatoirement à des habitudes visuelles (problèmes d'interprétation de courbes, d'intersections, notion de profondeur ou de modèle tridimensionnel grâce aux variations de distances...).

L'*utilisation* du graphisme est très commune aujourd'hui, et beaucoup de logiciels sont développés pour permettre la création et l'utilisation de tels objets. Diverses normes sont en cours d'études afin de classer les éléments de base et les fonctionnalités du graphisme (GKS, NAPLPS...). La suite logique est le développement de langages spécialisés.

3.2.1 – Les différents modèles de description graphique

Ces modèles sont ceux qu'on peut trouver dans les logiciels de description. Suivant qu'on s'intéresse au graphique 2D ou 3D on retrouve les codages syntaxiques utilisant un vocabulaire de base et une grammaire, et le codage géométrique, basé sur une structuration des données, et pour le graphique 2D le codage par chaîne (type Freeman).

Le codage par chaîne permet la discrétisation d'une courbe représentée sur une surface à pointillage suivant des directions prédéfinies. Il est adapté aux contours très accidentés mais reste assez simpliste aux regard des applications en infographie.

Les codes syntaxiques doivent permettre de retrouver les composantes (sommets et arêtes) et la structure de description du graphe. On peut différencier les grammaires de chaîne, de structure et de graphes. Pour les premières, la description du graphe se fait à l'aide d'opérateurs unaires ou binaires menant à des descriptions plus ou moins linéaires, les objets manipulés sont des arêtes, leurs origines ou extrémités, et les opérateurs correspondent à différents modes de concaténation des arêtes. Pour les secondes, les primitives utilisées correspondent à la notion de connexion, les symboles terminaux sont les primitives, et les non-terminaux sont des parties de dessin de plus haut niveau. L'intérêt de ces grammaires est d'obtenir en même temps qu'une vue plus synthétique des graphes, un mode de construction du graphe. Les troisièmes permettent de produire directement des graphes par l'application de règles de production qui consistent à remplacer un sous-graphe par un autre sous-graphe. Elles sont bien adaptées pour certains types d'applications particulières (codage de cartes...) mais leur utilisation reste liée à la réalisation de logiciels permettant de construire de façon la plus automatisée possible les grammaires correspondant à une application donnée.

Les modèles géométriques restent les modèles le plus couramment utilisés. Ils sont la représentation informatique des formes et des dimensions des objets considérés. Dans le cas de représentation tri-dimensionnelle, on dispose des modèles "fil de fer", "surface", ou "solide". Ces modèles sont utilisés en imagerie de synthèse.

3.2.2 – Les langages graphiques

Il existe plusieurs langages graphiques, différant moins par les types d'objets définis, que par la richesse des opérations proposées. Il n'est pas possible de citer ici tous les langages graphiques déjà définis, nous avons choisi d'en présenter deux intéressants par la diversité des concepts proposés.

3.2.2.1 – GKS (Graphic Kernel System)

Ce langage graphique devient un standard classique utilisé par beaucoup de systèmes. On peut cependant lui reprocher d'ignorer tous les concepts nécessaires à la visualisation d'images plus réalistes (textures, vecteurs normaux, dégradés...); il est vrai que le domaine de l'image de synthèse est à mi-chemin entre le graphique et l'image. GKS est un standard pour la programmation des applications graphiques, afin de permettre une portabilité des logiciels d'application. Il est relatif aux applications 2D, mais une extension 3D est en voie de développement.

Les concepts

La *station de travail* (workstation) permet de délimiter l'interface entre les parties du système qui en dépendent ou non.

Il existe trois espaces de coordonnées, l'espace absolu, l'espace normalisé et celui de la station de travail.

Les primitives de sortie

polyline est une ligne brisée passant par un ensemble de points, avec pour attributs la couleur de la ligne, sa largeur et le modèle de pointillé.

text est une chaîne de caractères avec pour attributs la couleur, la hauteur et l'orientation des caractères, la police utilisée...

fill area est une zone définie par un contour polygonal, à remplir d'une couleur ou d'une texture.

poly marker est un symbole à tracer sur un ensemble donné de points, les attributs sont la taille, la couleur et le type du marqueur.

cell array est une grille rectangulaire dont chaque case est à remplir d'une couleur différente.

Les transformations autorisées sont du type translation, rotation et homothétie. Toute image bidimensionnelle peut être créée à partir de ces cinq primitives. Il y a une généralisation possible de ces concepts pour inclure des arcs de cercle par exemple (*generalized drawing primitive*).

Les primitives en entrée

Il y a six classes de primitives qui sont

les coordonnées ou *locator*

une suite de coordonnées ou *stroke*

les nombres réels ou *valuator*

les entiers ou *choice*

les chaînes de caractères ou *string*

l'identification d'une portion de figure sur l'écran ou *pick*.

Chaque station d'entrée peut fonctionner en trois modes

request pour exprimer une demande à l'utilisateur

sample pour lire une valeur courante donnée par l'utilisateur

event pour garder les différentes valeurs relatives aux actions de l'utilisateur.

3.2.2.2 – Un autre langage

D'après BERTIN [BERTIN 79], l'atome du graphique est la tache. Ses paramètres sont:

la *forme* contour, silhouette, c'est une suite de points

l'*emplacement* sur la surface du dessin, c'est la position d'un point particulier appartenant à la tache

la *taille*, à savoir la surface occupée sur le plan du dessin

l'*orientation*, la tache est repérée par rapport à un système d'axes qui lui est propre

le *grain*, c'est à dire le nombre d'éléments SEPARABLES pour une unité de surface donnée

l'*intensité* ou niveau de gris, c'est à dire le rapport entre la surface noire et la surface blanche de la tache, on peut étendre cette notion à la couleur ou la brillance et parler de vraie ou de fausse couleur.

On peut distinguer deux types de taches: les points de formes circulaire ou rectangulaire, et les lignes, qui sont des taches plus longues que larges. Cela implique qu'on différencie deux types de surfaces, une pour le dessin du trait, l'autre pour le dessin du point (schéma 2).

Un dessin est donc un ensemble de triplets {M, G, C}, M est le mode de tracé point ou segment, G le type de graphisme utilisé, C le couple de coordonnées.

Dans le cas de l'image, l'élément de base n'est plus que le point de forme carrée ou rectangulaire, le *pixel* (picture element) auquel on associe une couleur ou une intensité.

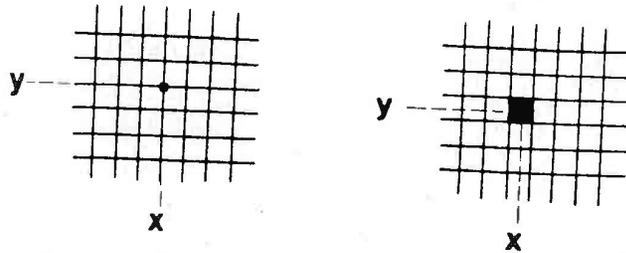


schéma 2 : Surface 1

Surface 2

Les éléments de base du dialogue

Le *menu* permet le choix d'une action dans une liste de commandes possibles
 L'*introduction* de valeurs alpha-numériques ou paramètres
 L'*identification* d'un ou plusieurs composants d'une image
 L'*acquisition* d'un élément d'une image qui permet de construire une représentation destinée au calculateur. Ces concepts sont voisins des entités *choice*, *value*, *locator*, de GKS.

3.2.3 - Les images de synthèse

Basée essentiellement sur des systèmes à base de vecteurs plutôt que de pixels, la synthèse d'images est issue des besoins de simulation.

Les opérations de synthèse d'images se divisent en trois étapes, la création de la base de données géométriques, le calcul des images et leur présentation [CLAVAUD 1984].

3.2.3.1 - Les descripteurs géométriques

Ils sont en deux ou trois dimensions et comportent plusieurs méthodes de représentation :

- des segments de droites assemblés de façon plus ou moins complexe et qui donnent des images "fil de fer"

- des surfaces planes délimitées par un contour polyédrique appelées "facettes"
- des fonctions mathématiques qui sont

- pour les surfaces courbes qui correspondent aux objets de forme simple et régulière, les quadriques

- pour des formes quelconques on fait appel à des approximations par "carreaux" (patches) à l'aide de surfaces mathématiques paramétrées d'ordre 3, les B-splines. Elles traduisent l'allure générale de la surface. Une fonction aléatoire permet de rendre compte de la composante "texture" de la surface. Les algorithmes de visualisation procèdent par subdivision récursive de la surface ou par détermination de la silhouette dans le plan de l'écran [ALLAIN 1984].

A l'aide de logiciels de conception assistée par ordinateur, on assemble ces divers éléments pour aboutir à des objets bi ou tri-dimensionnels.

3.2.3.2 - Le calcul des images

Il correspond à la projection sur un écran (2D) des objets constitués en 3D, suivant la position de l'observateur. Le premier traitement consiste en l'extraction des éléments graphiques, auxquels on applique des procédures de translation ou de projection, puis on procède à l'élimination des parties cachées des objets, la méthode la plus utilisée (celle de Schumaker) repose sur des techniques à base de plans sécants connues sous le nom de "priorités dynamiques". D'autres méthodes peuvent être utilisées: le lancer de rayons (ray-casting) [BOUVILLE 1984] dont le principe consiste à reconstruire l'image projetée

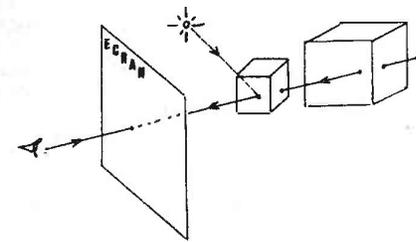


schéma 3 : Principe du lancer de rayons (ray-casting)

d'une scène en analysant le parcours des rayons lumineux parvenant sur la fenêtre de visualisation matérialisée par l'écran (schéma 3).

Une autre approche subordonnée à un test de visibilité fonction de la profondeur du point considéré. Cette technique permet de s'affranchir de tout classement préalable des éléments à visualiser, il suffit de stocker pour chaque pixel une information de distance ou de profondeur par rapport à l'écran, cela a pour principal inconvénient une taille de mémoire image prohibitive.

Enfin on utilise des algorithmes de traitements d'ombrage pour simuler les effets d'éclairement, et on génère des textures, en tenant compte des effets de transparence, de réflexion spéculaire (réflexion liée à la source lumineuse qui s'observe dans le cas d'objets lisses ou polis) ou diffuse (liée aux propriétés des corps rugueux et mats), de réfraction, d'ombres portées...

3.2.3.3 - La restitution de l'image

Les images produites présentent des défauts sur les contours (crênelage d'autant plus accentué que les lignes sont voisines de l'horizontale) ou, sur des images animées, des effets parasites de clignotement ou de scintillement sont dus au double échantillonnage spatial et temporel des images de synthèse. Ces phénomènes, regroupés sous le terme de "field tracking", apparaissent sur des éléments à haut contraste, liés à une technologie basée sur le balayage entrelacé de l'écran. Les améliorations sous forme de filtrage spatial consistent à effectuer des convolutions sur des images "sur-échantillonnées" (over-sampling filtering) et réalisent un dispositif efficace d'"antialiasing".

Dans les systèmes à balayage ligne à ligne, utilisés en imagerie médicale ou en télédétection, on stocke les valeurs des points constituant l'image dans une "mémoire d'image", puis on transforme cette information numérique en signal analogique de type RVB.

Dans les systèmes à balayage cavalier, l'image est formée par des milliers de traits, les vecteurs qui sont tracés par le faisceau d'électrons du tube cathodique (type oscilloscope). Cette méthode convient à des images fil de fer, et a pour principal avantage de consommer peu de place mémoire, mais ne saurait convenir pour des images pleines.

Les temps de calcul nécessaires à la création d'une image de synthèse sont rédhibitoires avec une utilisation en temps réel. Après leur création, les images sont donc enregistrées pour être utilisées de la même façon que les images animées classiques.

3.2.3.4 - Les domaines de l'image de synthèse

Ce sont les différentes productions audio-visuelles et leurs corollaires: cinéma ou télévision avec des dessins animés, les spots publicitaires, les génériques, les clips vidéo. Mais aussi le télé-enseignement avec l'annonce des terminaux vidéotex de deuxième génération ainsi que les télé-jeux. Un autre domaine est celui qui touche la simulation médicale, mécanique ou militaire, tous les cas où l'entraînement sur site réel est trop coûteux (pilotage d'avion), dangereux (simulation de pannes) ou impossible (rendez-vous spatial). L'image de synthèse s'est imposée car elle permet aussi d'éliminer les effets parasites liés aux conditions d'obtention d'images photographiques classiques (reflets de lumière dus à la diffraction, sources lumineuses insuffisantes, perturbées par des conditions atmosphériques...).

3.3 - OPPOSITION GRAPHIQUE-IMAGE

Le graphisme peut s'opposer à l'image car c'est une représentation STRUCTUREE obtenue à partir de tracés représentant divers éléments géométriques. L'image sous sa forme "raster" est une représentation ECHANTILLONNEE paramétrée par sa définition spatiale (taille de l'image) et chromatique nécessitant l'utilisation d'une mémoire d'image, capable de rendre une très grande variété de textures et de nuances directement compatible avec des images naturelles. La première représentation est pratiquement indépendante de l'échelle et toutes les transformations géométriques se trouveront facilitées, alors que dans le deuxième cas ces opérations seront difficiles et s'accompagneront parfois d'une dégradation de l'image.

Techniques de représentation	échantillonnée		structurée	
Modèle de représentation	pointilliste		géométrique	
Modèle de construction	tracé et peinture	géométrie	tracé et peinture	géométrie
Modèle conceptuel	peinture	encre et règle	habillage de surface	dessin géométrique
	PALETTE ELECTRONIQUE		CAO-DAO	

schéma 4 : Illustration assistée par ordinateur d'après BAUDELAIRE

Le schéma 4 explique les différents modèles de représentation qu'on peut trouver en traitement d'image.

Classification des images

Si le classement s'établit suivant le degré de complexité on retrouve

- les images structurées ou graphisme
 - . de compréhension qui permet de mieux saisir les relations entre les différents objets ou leurs propriétés (on retrouve ici les modes de représentation de graphes, de schémas relationnels..)
 - . de communication qui permettent la synthèse de résultats (ce sont les diagrammes divers, cubes ou camemberts, histogrammes..)
 - . de construction qui établissent un lien entre le concepteur et le calculateur (ils correspondent à la schématisation d'objets réels bi ou tridimensionnels, c'est ici qu'on retrouve les images de synthèse qui ne sont qu'une forme plus complexe d'objets graphiques obtenus par des procédés calculatoires ou fractales, et qui cependant donnent

des images résultats qui ont un sens concret, proche de la réalité: montagnes, paysages "lunaires", arbres divers...).

- les images échantillonnées
 - . non figuratives, obtenues par des traitements aléatoires, utilisant l'analyse combinatoire et des transformations diverses, elles ont peu d'intérêt en EAO
 - . figuratives, moyens d'expression de la réalité, ce sont ces images qui retiendront notre attention.

3.4 - LES IMAGES NUMERIQUES

Ce sont des images réelles obtenues par un processus d'échantillonnage de valeurs correspondant à une intensité lumineuse recueillies par un capteur. Elles diffèrent donc du graphisme caractérisé par des formes, alors que dans le cas présent on n'obtient que des fréquences de couleurs. Les formes, pour être reconnues, obligent à des traitements complexes, ou alors à l'utilisation d'un traducteur privilégié qui est l'oeil. La qualité de telles images est liée à la technique d'échantillonnage, mais plus on souhaite une image de grande qualité, plus il faut augmenter le nombre des points lus et par là la taille des informations. De sa structure, on déduit la complexité des interprétations et des traitements. Dans le cas du graphique, toute opération d'homothétie, de rotation.. est simplifiée, ici ces opérations seront plus complexes à mettre en oeuvre.

3.5 - LANGAGE D'IMAGES

Leurs caractéristiques sont la richesse des données et des opérations, ainsi que la puissance. Pixaal (Lévioldi et Coll.), Picasso (Kulpa), Pascal P L (Uhr), L (Radhakrishnan et Coll.) sont des langages d'images.

3.5.1 - Un logiciel de description particulier: LPSI

C'est un logiciel qui fait intervenir un vocabulaire de base constitué de types simples, de types propres à l'application et des fichiers, des paramètres, et un langage de commande comportant des commandes élémentaires et des macros-commandes [BELAID 1985].

Les types d'objets

Les types simples sont les entiers, réels, caractères..
Les types propres à l'application sont des types propres au traitement image tels "image of NVG", "BINARY", "MASK", "REGION"...

Parmi ces divers types, le **filtre** correspond aux différents types d'accès possibles dans une image, accès directs ou translatables, et accès associatif.

Le type **image** comporte dans sa déclaration les attributs particuliers permettant de préciser le support de l'image (résidente en mémoire centrale, ou externe tel un disque...), le type d'image (niveau de gris, distances, binaire...). Tous ces attributs constituent une interface entre l'objet manipulé et l'utilisateur qui sont mis à jour dans un environnement de programmation, SAPIN. Grâce à l'utilisation de **menus**, SAPIN permet à l'utilisateur d'éviter des déclarations par trop proches du matériel utilisé. Il fixe les valeurs par omission, prises par les différents paramètres.

Les instructions du langage

L'affectation est une «affectation isotrope, c'est à dire qui permet une correspondance entre les points de même rang».

Les expressions arithmétiques et logiques correspondent à une suite d'opérations élémentaires pour chaque point de l'image.

Les instructions de contrôle sont l'itération "parallèle" (ligne par ligne ou colonne par colonne), l'itération "séquentielle" (point par point) ainsi que la conditionnelle globale. Les instructions d'entrée sortie sont des instructions de lecture et d'écriture paramétrées par les supports et les formats des différents objets.

3.5.2 - Un programme d'application: l'environnement SAPIN

C'est un environnement de programmation facilitant l'écriture interactive de programmes de traitements d'images dans le langage LPSI avec pour objectifs :

- l'affichage en clair des fonctions autorisées en menus et sous-menus
- la mise à jour des commandes définies et la création de nouvelles par enchaînement des commandes figurant au menu
- la représentation des paramètres des fonctions, le contrôle de leur validité
- la possibilité d'une aide disponible à tous les niveaux de l'application
- la disponibilité d'une trace des divers traitements effectués
- la connaissance de l'état du système (occupation mémoire, informations accessibles..)
- la manipulation d'images en tant qu'objets "globaux" sans les contraintes de la représentation machine [BELAID 1985].

Il comporte deux parties, destinées l'une à des spécialistes informaticiens (SAPIN-IN), l'autre à des utilisateurs non-informaticiens (SAPIN-NI). La première partie correspond aux définitions élémentaires du langage LPSI, accompagné d'un éditeur syntaxique et de commandes de manipulation spécifiques du langage. Il est prévu d'adjoindre à cet ensemble un système d'optimisation car les opérations sont coûteuses en temps de calcul et il est nécessaire de réduire celui-ci quand cela est possible. La deuxième partie est constituée d'un générateur de menus interactif qui permet l'utilisation de macro-instructions, accompagnées de descripteurs des objets manipulés. Ce générateur offre aux utilisateurs la possibilité de créer leurs propres fonctions.

3.6 - CODAGE DES IMAGES

3.6.1 - Introduction

La nécessité de transformer les données recueillies à la sortie d'un capteur de type caméra, ou plus simplement de décrire les objets, est imposée par l'utilisation de matériel informatique ou télématique. Dans les techniques de codage cohabitent des techniques correspondant à des signaux analogiques ou numériques (codés ou quantifiés). La multiplicité des codages est liée aux diverses utilisations de l'image, compte tenu des traitements auxquels elle est destinée, transmission, reconnaissance des formes, création artistique..

3.6.2 - Codage ALPHAMOSAIQUE

Définition

Les atomes sont des matrices de points, et selon le code assigné à une figure, un ou plusieurs points sont allumés. Ces matrices correspondent aux caractères semi-graphiques des écrans des ordinateurs familiaux. Dans le meilleur des cas on peut utiliser la taille de 8x8 nécessaire pour le codage des caractères ASCII, 15x16 pour les caractères Kanji, ou 6x6 pour le terminal Minitel où chaque élément du dessin est représenté par une mosaïque de 6 points (schéma 5).

Avantages - inconvénients

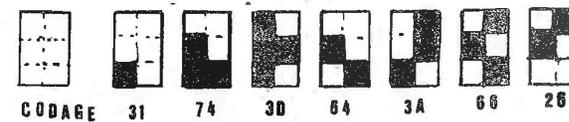


schéma 5 : Les atomes du codage du Minitel

Ce codage nécessite l'intervention d'un spécialiste lors de la saisie. D'autre part, les courbes et les traits sont mal visualisés. Il y a des contraintes au niveau de la juxtaposition des couleurs, l'affichage est lent et provoque une surface lumineuse qui attire l'œil au détriment du texte.

Exemples Les dessins sur Minitel diffusé par Télétel, ou magazine Antiope (schéma 6), mais ce sont aussi les caractères graphiques composant les dessins des jeux des micro-ordinateurs...

Ce codage est utilisé pour des alphabets "mous" ou Dynamically Redefined Character Set. Des standards nationaux sont en cours d'élaboration: NAPLPS (North American Presentation Level Protocol Syntax) proposé par l'American National Standards Institute et Canadian Standards Association. Les normes NAPLPS interfacées par VDI (Virtual Device Interface) sont utilisées par VIDEOTEX.



schéma 6 : Dessin Antiope

3.6.3 - Codage ALPHA-GEOMETRIQUE

Définition

Les atomes sont les éléments classiques de la géométrie: le point, le trait, le cercle, le rectangle.

Avantages - inconvénients et exemples

Un trait nécessite les informations suivantes:

- les coordonnées, origine et extrémité
- couleur (en RVB ou codage)
- épaisseur
- forme, plein, tireté, pointillé...

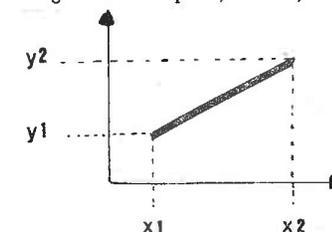


schéma 7

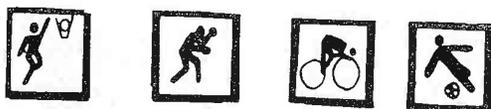
Cette représentation structurée est éloignée d'un codage informatique: elle est plus souple mais plus complexe à mettre en oeuvre. Elle nécessite l'utilisation de moniteur dont la résolution est suffisante pour réaliser les primitives graphiques de bonne qualité. Elle est aussi plus riche: les caractères peuvent être significatifs d'une discipline donnée (musique, code de la route, symbolique logique...), d'autres alphabets (idéogrammes, caractères arabes...), des pictogrammes. Ses avantages sont: une bonne lisibilité bien que les dessins puissent être de taille réduite, un affichage aussi rapide que le texte, pas de source

lumineuse perturbant la lecture du texte.



réveil par téléphone visio-conférence répondeurs téléphoniques

schéma 8 : Caractères Téléphoniques



basket boxe cyclisme football

schéma 9 : Caractères Sportifs

Ce codage est utilisé pour la création et la transmission d'images graphiques de qualité supérieure aux précédentes. Les normes tendent à se rapprocher du système GKS afin de donner naissance au vidéotex de deuxième génération.

3.6.4 – Codage ALPHA – PHOTOGRAPHIQUE

Définitions

C'est la juxtaposition de points élémentaires, appelés pixels (Picture Element), contenant une information *numérique* correspondant souvent à l'intensité lumineuse.

La *taille* dépend de la résolution du terminal de visualisation (256x256, ou 1024x1024...)

Une image se présente le plus souvent sous la forme d'un signal analogique. Il faut donc utiliser un processus de discrétisation du signal, pour la transformer en une image numérique, c'est un *processus d'échantillonnage*. On pourrait prendre une valeur moyenne de voisinage dans une certaine zone pour obtenir chaque pixel. En fait on prend des valeurs régulièrement espacées, suivant deux techniques possibles (schéma 10).

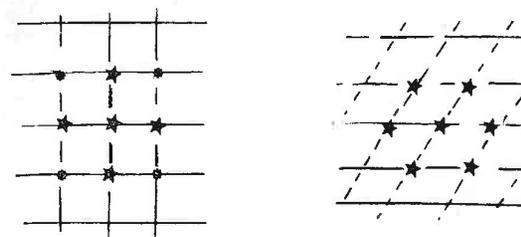
La *quantification* est, par exemple, le nombre de niveaux de gris ou de couleurs qu'il est possible d'affecter à chaque point. Une image binaire nécessite l'utilisation de deux valeurs (1 bit suffit pour le codage), une image couleur peut utiliser 24 bits par pixel couleur (3x8 bits correspondant à 256 niveaux de Rouge possibles, 256 niveaux de Vert, 256 niveaux de Bleu). La quantification dépend du convertisseur analogique-numérique et du traitement à effectuer.

Avantages – inconvénients et exemples

La mémoire image doit avoir une taille d'au moins 256 K octets.
La transmission de telles images est longue (à peu près 3 minutes par image), même sur réseaux téléphoniques à 9600 bits par seconde.

En télévision on utilise 500x500 pixels avec 30 à 50 niveaux de gris (cela est suffisant pour la perception visuelle).

En photo haute résolution (à partir d'avions ou de satellites), la définition peut nécessiter 8 à 10 bits (512 à 1024 niveaux de gris), une image LANDSAT équivaut à 34 Mo.



4 voisins à "d"
4 diagonaux à "d/2"

6 voisins à "d"

schéma 10 : Echantillonnage

Il en dérive une propriété: la *DYNAMIQUE* d'une image, c'est à dire l'histogramme des niveaux de gris, représente les fréquences des niveaux de gris qu'on peut avoir sur une image, sur l'échelle des niveaux possibles.

Le principal avantage de ce codage est la fidélité par rapport à la réalité, mais son principal inconvénient est la masse d'informations obtenue, qui font que ce codage ne peut convenir dans certains types d'applications qu'après avoir été compacté (transmissions d'images en particulier).

3.6.5 – Compactage et autres codages

Le compactage est imposé par la masse d'informations à traiter, afin d'optimiser l'encombrement et les temps de traitement. En contrepartie il a pour conséquence une imprécision de l'image et une diminution en acuité. Il doit être précédé avant utilisation de l'image par une phase de restauration.

Les différents codages proposés se regroupent en plusieurs familles qui sont les techniques de codage par blocs, par transformation et par MIC différentiel (Modulation par Impulsion et Codage). Ces familles de codages sont étroitement liées aux objectifs d'utilisation de l'image, surtout dès qu'on aborde les problèmes liés aux transmissions d'images, en télédiffusion (diffusion d'images animées sur réseau câblé avec ou sans interactivité), visioconférence (vision et audition à distance au travers d'un réseau de transmission), ou encore comme aide à la communication (transmission d'images fixes).

Certains types de codages ne sont applicables que sur des signaux vidéo, à partir de l'exploitation des corrélations spatiales, temporelles et spectrales du signal (monochrome ou couleur).

3.6.5.1 – Point par point

Réduction de la dynamique Seuls une cinquantaine de niveaux de gris sont perceptibles par l'œil humain, donc on peut réduire la quantification. De 8 bits par pixel on passe ainsi à 5 ou 6 bits par pixel, 5 bits permettent d'atteindre 32 niveaux différents, 6 bits, 64 niveaux différents. Ce type de codage permet un taux de compression de 1,25 à 1,6.

Codage par plage Par couples: longueur, valeur. Ce codage tient compte des propriétés de voisinage, plusieurs pixels qui se suivent ont la même valeur: la longueur représente le nombre de pixels identiques. Ce codage n'est pas adapté à des images très différenciées car il n'est efficace qu'à partir du moment où au moins trois points consécutifs ont la même valeur, sinon on multiplie les informations inutilement. On peut améliorer ce

codage en utilisant un seuil de tolérance (fixe ou adaptatif), qui permet de considérer, que deux pixels consécutifs ne différant pas de plus de la valeur du seuil autorisé, sont identiques.

Codage différentiel Au lieu de transmettre les valeurs, on transmet la différence entre deux pixels consécutifs. Grâce aux propriétés de voisinage, ces différences couvrent une plage de valeurs généralement inférieure à 16, donc 4 bits suffisent pour les coder.

Ces techniques de codage sont pénalisées par le système de balayage ligne par ligne qui introduit une discontinuité entre le point extrême de la ligne et le début de la suivante.

3.6.5.2 - Codage par approximation locale

On utilise des informations locales (moyenne, écart-type..) et les outils statistiques correspondants permettant la comparaison entre un pixel et ses voisins. Ce deuxième type de codage est coûteux en temps de calcul.

Par représentation fréquentielle

Il s'agit de passer d'une représentation spatiale à une représentation fréquentielle grâce à une transformée (Fourier, Hadamard, Haar, Karhunen-Loeve...).

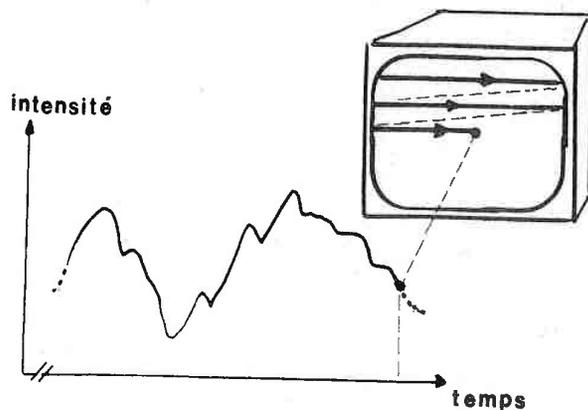


schéma 11 : Transformation d'un signal vidéo

Le principe est le suivant: une image analogique est un signal dont l'amplitude correspond aux niveaux d'intensité des pixels et il y a correspondance entre l'échelle des abscisses, le temps, et les positions du spot lumineux sur l'écran (schéma 11).

Tout signal complexe peut être considéré comme la somme de signaux sinusoïdaux (pour la transformée de Fourier), de fréquences multiples d'une fréquence fondamentale, appelés harmoniques (schéma 12). Chaque harmonique a pour caractéristique son amplitude et sa phase. En étendant ce raisonnement aux lignes, on décompose une image en deux images représentant les coefficients d'amplitude et de phase. L'information obtenue est plus condensée et permet un taux de compression de l'ordre de 10 avec une grande immunité au bruit.

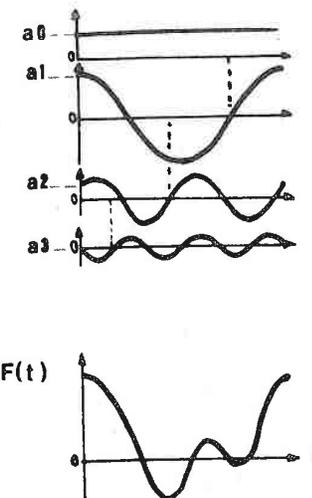


schéma 12 : Transformée de Fourier

Median Axis Transform C'est un codage de carrés de taille maximale autour d'un pixel ce qui donne des triplets ordonnés, abscisse, rayon.

Codage par chaîne Code de Freeman, à partir des mouvements élémentaires axiaux ou diagonaux, ou Bresenham, qui préserve la symétrie, ou Stokton, à partir de mouvements et d'octants (schéma 13).

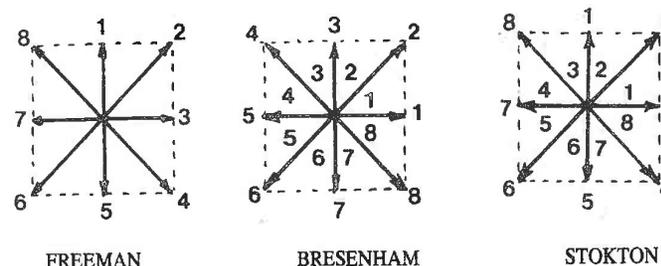


schéma 13 : Codage par chaîne

3.6.5.3 - Le découpage des images

Par vecteurs successifs A la suite de Bolzano, Riemann, Weierstrass, qui furent les premiers à démontrer l'existence de courbes continues sans tangentes, Von Koch donna en 1904 un procédé explicite de construction de telles courbes. Peano construisit une courbe de la même famille, continue et capable de remplir tout un carré, remettant en cause la notion de dimension. Appelée Balayage de Peano, elle correspond à une couverture sans croisement de la surface par points voisins. Le procédé est expliqué dans le schéma 14, il est appliqué récursivement. On rejoint les théories fractales, appelées ainsi par B. Mandelbrôt à cause de la dimension fractionnaire de telles courbes.

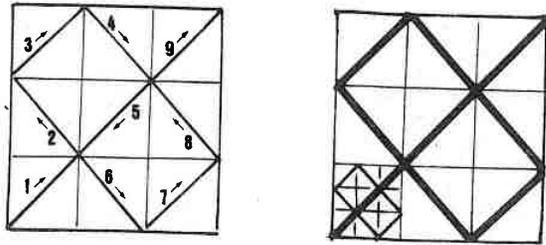


schéma 14 : Balayage de Peano

Dans ce type de découpage, les points sont successivement voisins contrairement à un balayage ligne à ligne où il faut régler les problèmes de discontinuité.

Découpage par tétrarbre

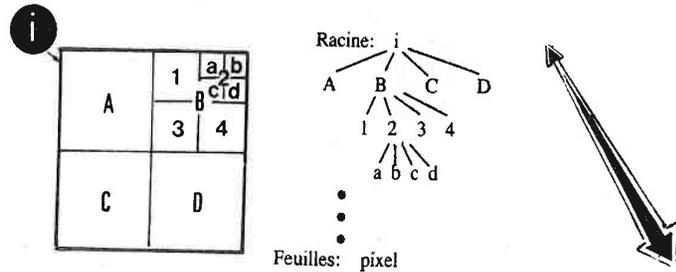


schéma 15 : Découpage par tétrarbre

L'image de départ est la racine, et le découpage s'effectue jusqu'à l'arrivée sur les feuilles qui correspondent aux pixels. Ce type de codage facilite les zooms en agrandissement comme en rapetissement (schéma 14). Il est utilisé dans les machines à architecture pyramidale.

3.6.5.4 - Modulation MIC et multiplexage temporel

La transmission numérique comprend trois phases, l'échantillonnage (1), la quantification (2) et le codage (3). Dans la technique du MIC, le découpage du signal analogique en impulsions brèves se fait à raison de 8000 fois par seconde (schéma 16).

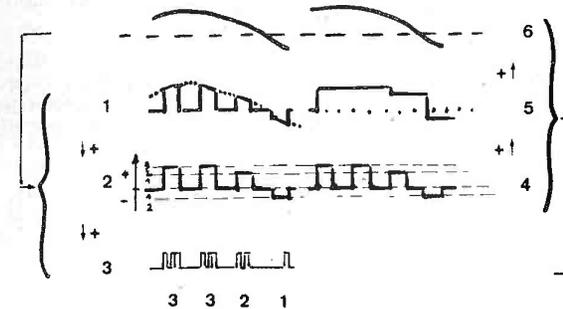


schéma 16 : Modulation MIC

La quantification de l'amplitude est approximée sur une échelle de 256 valeurs possibles codées en binaire pour la transmission du signal. A l'extrémité de la chaîne, des impulsions d'amplitudes correspondant aux valeurs transmises sont GENEREES, les échantillons initiaux sont reconstitués et le signal analogique est recréé. C'est successivement les phases de découpage (4), intégration (5), et filtrage (6) qui constituent la démodulation, alors que l'échantillonnage (1), la quantification (2), et le codage (3), constituent la modulation (schéma 16).

La commutation temporelle, contrairement à la commutation spatiale, n'établit la liaison entre les deux correspondants que pendant des temps très brefs se répétant périodiquement.

3.6.5.5 - Conclusions

Les méthodes de codages proposées, par zones ou par seuil, ne sont pas adaptables au contenu de l'image. Pour cela il faudrait distinguer dans l'image des blocs riches en informations des autres et allouer plus de places (en nombres de bits) aux zones contenant beaucoup de détails. Les algorithmes développés à cet effet ne permettent pas de descendre beaucoup plus loin que 1 bit/point en monochrome, 1,5 bits par point en moyenne pour la couleur, sans préjudice important de la qualité des images restituées.

Divers modèles sont encore proposés, tel le modèle contour-texture qui correspond à la combinaison de deux composantes additives, des variations lentes (lissées) avec des ruptures dans l'évolution spatiale (informations sur les contours), et des variations moins lentes à dynamique faible (les informations sur la texture) [RODRIGUEZ 1984].

Les méthodes de compression correspondant aux différentes techniques de codage par transformation, si elles n'apportent aucun bruit dans les zones quasi-uniformes, ont pour principal défaut de créer un flou sur les contours et cela, proportionnellement à l'amplitude de la transition.

L'évolution des techniques de transmission fait que dès à présent, des réseaux ayant pour support des fibres optiques, permettent des débits de l'ordre de 108Mbit/s, et ne nécessitent plus de compression (projet SAFO).

3.7 – MODELES DE REPRESENTATION DES COULEURS

La perception des couleurs est différente des niveaux de gris. Le pouvoir discriminant de l'oeil est accru dans certaines teintes (vert), mais une intensité trop élevée provoque des phénomènes de saturation et d'éblouissement. Les couleurs portent en elles des valeurs affectives, couleurs chaudes ou froides. Les variations d'intensités permettent des effets d'ombrage, de distance..

Une couleur est définie par sa *teinte* (sa longueur d'onde ou sa fréquence), sa *saturation* (degré de pureté), sa *brillance* ou *luminance* (intensité lumineuse). Les deux premières caractéristiques se retrouvent sous le terme de *chrominance*. Le modèle sous-jacent est représenté par le cylindre de Munsell (schéma 17).

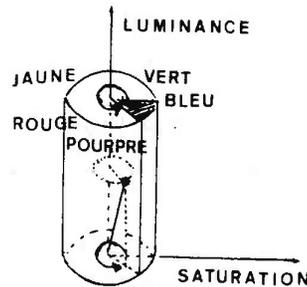


schéma 17 : Cylindre de Munsell

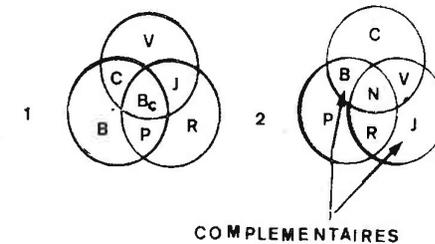
3.7.1 – Théorie trichromatique

Directement utilisables sur un téléviseur, ces modèles correspondent à l'association de trois composantes Rouge, Vert, Bleu. Le modèle XYZ de la CIE, se déduit du modèle RVB par translation. Chaque composante peut varier en intensité et en saturation, permettant ainsi de réaliser une plage de couleurs depuis le noir (absence totale de couleur), jusqu'au blanc. Si les composantes interviennent dans la même proportion on obtient, différents niveaux de gris du noir au blanc.

Ces systèmes correspondent à des normes de procédés de télétransmission, procédé couleur PAL ou SECAM, standardisations définies par la Commission Internationale de l'Eclairage, NTSC aux USA.

3.7.2 – Le modèle RVB

Il y a deux modes de création de couleurs (schéma 18), par synthèse ADDITIVE (1) ou par synthèse SOUSTRACTIVE (2). Le première est la plus classiquement connue en télévision, alors que le deuxième mode est surtout utilisé en imprimerie ou en peinture. On superpose des couleurs qui agissent comme des filtres absorbants pour toutes les couleurs autres que la leur (schéma 19).



Légende:
B: bleu, Bc: blanc
C: cyan, J: jaune
N: noir, P: pourpre
R: rouge, V: vert

schéma 18 : Modèles RVB

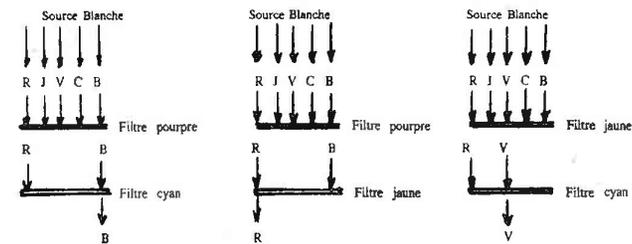


Schéma 19 : Synthèse soustractive des couleurs

3.7.3 – Autres modèles

Ils ont été introduits pour permettre de comprendre les différentes actions de modification des couleurs. En effet, il est assez difficile d'évaluer l'effet des variations d'une primaire sur la couleur résultante. On cherche à caractériser la couleur par ses qualités intuitives ou psycho-physiologiques: vif, clair, pastel.. de la même façon qu'un peintre apprécie une couleur, avec en plus la possibilité dans certains systèmes d'associer des textures particulières afin de parfaire l'imitation de l'art pictural: craie, peinture, gouache, pastel, aquarelle (PAINTBOX de Quantel ou projet PICASSO).

3.7.3.1 – Le modèle TIS

Les paramètres utilisés sont teinte, intensité et saturation. La teinte caractérise la perception colorée. L'intensité permet de distinguer le clair et le sombre. La saturation permet de différencier le vif du terne.

3.7.3.2 – Le modèle TNB

Il dérive simplement du modèle précédent par un changement d'axes (schéma 20). Il est issu des propriétés empiriques telles:
ajouter du blanc éclaircit la couleur, donc augmente l'intensité
ajouter du noir réalise l'opération inverse
ajouter du blanc et du noir, dilue la couleur dans le gris et par là désature la couleur.

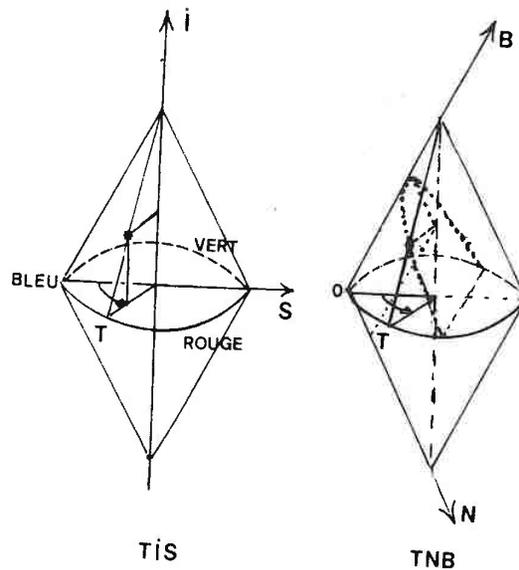


schéma 20 : Autres modèles

3.8 – LA TECHNIQUE DES FAUSSES COULEURS

Cette technique de coloration est possible grâce à l'utilisation de tables associatives appelées tables de transfert (LUT ou Look Up Table). A une valeur de niveau de gris, définie sur une certaine plage de valeurs possibles, correspond une combinaison de trois valeurs de fondamentale. La mémoire associative permet d'affecter à des niveaux de gris voisins des perceptions colorées très différentes, et cela de façon rapide sans modification des valeurs des points de l'image. Cette technique est utilisée en médecine ou dès que la perception visuelle atteint les limites au niveau du pouvoir séparateur de l'œil.

Conclusions L'émission des couleurs suit différents procédés. Les problèmes de transmission d'images couleurs issues de différentes techniques sont résolus en partie, grâce à des modulateurs et des interfaces.

Chapitre 4

COLLECTION ET DIFFUSION D'IMAGES

4.1 – LES BANQUES DE DONNEES D'IMAGES

4.1.1 – Généralités

Différence entre banque et base de données

Certains différencient *banque de données d'images* et *base de données d'images*, la première est considérée comme un regroupement d'informations autour d'un thème avec des utilisateurs dont les motivations sont très diverses, alors que le seconde propose des informations pertinentes pour une application définie préalablement. Dans la banque l'utilisateur reste faiblement actif (consultation, tri sur des fichiers de travail constitués à partir des références des documents de la banque..) alors que dans la base l'utilisateur agit sur l'information [MAITRE 1984].

Même si les seules bases de données (dédiées à des applications et plus particulièrement des applications informatiques) semblent relever du traitement numérique, ce sont surtout les banques de données qui connaissent une modification de leur structuration avec l'apport de nouveaux supports des informations (utilisation de vidéodisques..).

Caractéristiques

Ce sont des collections d'informations dont la dimension n'est pas réductible à un texte, comportant une double information, celle brute de l'image, et celle structurée de la légende.

C'est un volume d'informations important dont la manipulation et le temps de parcours des documents nécessite une ergonomie particulière.

Les systèmes documentaires classiques informatisés font appel à la linguistique, cette propriété est héritée du fait que les bases documentaires sont de type TEXTUEL. Dans le cas de banques d'images, les systèmes traditionnels ne permettent que des accès heuristiques. La réussite de la recherche est largement favorisée par la compétence de la personne qui gère la banque de données. Les premiers systèmes informatisés favorisent l'approche "linguistique" au détriment d'accès plus spécifiques au type d'objets manipulés.

Si dans un texte on peut privilégier certaines parties essentielles pour la compréhension, d'où seront issus le résumé ou les mots-clés, dans une image tous les éléments peuvent être importants, et il est impossible de privilégier tel ou tel élément. Par exemple si on considère la reproduction d'un tableau, le thème central peut être cerné grâce aux personnages présents, et le tableau est souvent présenté par des identifiants de ces personnages, malgré cela le fond du tableau est aussi porteur d'informations sur le mode

de vie des personnages, sur l'environnement de l'époque, sur les moeurs...

Les accès

L'accès "pradigmatique", issu de l'école Piercinienne, basé sur la sémiotique pragmatique et sur les relations qui s'établissent entre les objets, leurs représentants et les interprétants.

L'accès "syntagmatique", issu de l'école Saussurienne, basée sur l'approche du sens (sémiologie), se ramenant à des phénomènes linguistiques [HUDRISIER 1984].

Il semble donc important de favoriser l'archivage et le classement des images à travers leurs références (thème, légende, auteur, caractéristiques techniques... : clés textuelles) ainsi que par ce qu'elles montrent (clés visuelles). La plus grande difficulté reste d'assurer la recherche par le CONTENU sur des données images, et ses formes particulières que sont la recherche par L'EXEMPLE (l'opérateur ne formule pas sa requête mais donne des exemples de ce qu'il cherche) et la recherche par SIMILARITE (l'utilisateur demande les images contenant des structures "semblables" à un prototype qui peut être soit issu de la base, soit introduit manuellement par un photostyle ou une tablette graphique).

Certains différencient accès par le contenu, c'est-à-dire à partir de paramètres caractérisant le contenu de l'image, et accès par les problèmes [ROGALA 1985]. Ils font intervenir une certaine proximité des images et des liens relatifs à un domaine d'études, on retrouve donc la notion de base de données plus que banque de données et le problème reste de définir quels types de relation peuvent s'établir entre les images et sous quelles formes celles-ci peuvent être représentées (arborescences, liens divers de type relationnels..).

Les documents

Les documents primaires: ce sont les objets constituant la banque de données, ici les images.

Les documents secondaires: ce sont les objets permettant de gérer la banque de données, des fichiers de mots-clés, des catalogues...

Ils sont tous classiquement de type textuel. A ces documents symboliques on peut joindre des éléments de décisions, description structurée sous forme de graphe, tableau au sens de l'intelligence artificielle (table de relations), schéma ou carte superposable à l'image.

Toute image peut être décrite comme un ensemble d'entités ayant une certaine signification sémantique, caractérisées par une liste d'attributs. On différencie les entités de bas niveaux qui sont des attributs morphologiques et relationnels, on peut les représenter par des graphes d'adjacence, et les attributs structurels, représentés par des arborescences pour les entités de haut niveau. Il faut disposer en plus de règles d'interprétation pour une classe d'images afin de regrouper les entités en catégories. Les entités sont réparties dans trois domaines qui sont les formes, les textures, et la topographie.

Les outils spécifiques

Une première prise en compte des traitements spécifiques à l'image est une normalisation interne des structures physiques et logiques de fichiers d'images. La seconde est une normalisation des procédures de traitement et enfin il faudrait trouver des représentations des connaissances adaptées aux problèmes de l'image afin de transformer une requête exprimée en langage presque naturel en procédure de recherches spécifiques dans la base.

Manipulation spatiale électronique:

Les problèmes divers liés à la manipulation d'objets de type image, conduisent à imaginer deux approches de ces objets: une première de type séquentielle sous forme de carnet d'images, le problème majeur reste le temps nécessaire à la visualisation; l'autre, sous la forme de planches de sélection, permet une visualisation plus rapide et les

sélections par association.

Conséquences sur les objets primaires: la base est constituée d'images plein cadre, de gros plans, et d'images composites (damiers d'images).

4.1.2 — Quelques supports d'images

On peut recenser différents supports d'images, permettant de constituer une banque de données. Le problème reste l'homogénéisation de tous ces documents dont les qualités varient largement (densité, temps d'accès, coût, résolution, qualités de longévité, facilité de manipulation, spécificité des matériels de lecture, domaines d'applications) [MAITRE 1984]. Ces supports sont les diapositives, les microfiches, documents holographiques, cassettes, bandes, disques magnétiques, vidéodisques ou disques optiques numériques. Nous développerons plus particulièrement deux supports: le vidéodisque et les CD-ROM.

D'autres problèmes sont liés aux normes de production de ces supports et aux particularités des outils de lecture: largeur et dimensions des diverses bandes magnétiques (influence sur la qualité de la visualisation), divers procédés de réalisation des vidéodisques..

4.1.2.1 — Le vidéodisque

Historique

Conçu vers le milieu des années 1960 comme prolongement du disque audio, capable de restituer les images animées des films au domicile des particuliers.

Quatre projets ont abouti.

Philips commercialise en 1978, un disque dur où sont gravées des micro-cuvettes réfléchissant et déviant un faisceau laser de lecture, de qualité voisine des magnétoscopes 3/4 pouces avec deux canaux de son HI-FI.

Thomson précommercialise à partir de 1980 un disque "transparent" à micro-cuvettes lues par transparence par faisceau laser focalisé automatiquement sur la première face puis sur la seconde.

RCA (Selectavision) réalise un système de lecture capacitive de qualité identique au standart magnétoscope VHS.

JVC en 1983 utilise un patin frotteur guidé électroniquement, qui détecte les variations de relief traduites elles aussi par des variations de capacité.

SONY (LDP1000) PIONEER (PR-7820-3) sortent des matériels aux normes NTSC (standarts USA) complètement interactifs.

Technique

C'est un disque contenant

- des images sous forme de signaux analogiques, animées ou fixes (partie vidéo), à raison d'une image par piste en technologie classique, on peut atteindre 3 images par pistes sur les pistes les plus externes dans les vidéodisques longue durée (on gagne en informations mais on perd en fonctionnalités), donc structuré en images,

- deux pistes son permettant soit la stéréophonie, deux langues différentes, ou encore un son et un programme (partie numérique).

L'exploitation interactive permet le choix des images, le déroulement avant-arrière. La circulation dans la base image peut se faire grâce au sommaire, l'accès sélectif à telle ou telle image, grâce à l'indexation de chaque image. La mémorisation de programmes correspond à un projet d'exploitation, et enfin le pilotage peut être réalisé par un micro-ordinateur (arborescence, chemins..).

Ses qualités sont, outre son haut degré d'interactivité, les accès très rapides, la taille de l'information stockée (50000 images, 40 Milliards de bits/face), l'utilisation en animation à

raison de 1500 tours/mn, permet une durée de l'ordre de 35 à 60 minutes, et la technique de duplication globale par pressage, et non image par image comme sur les systèmes à bande, permet d'espérer la réalisation de grandes séries moins coûteuses.

On peut distinguer trois classes de vidéodisques [MAITRE 1984], les ROV (Read Only Videodiscs), pressés en usine à partir de documents, les DRAW (Direct Read After Write), enregistrés par l'utilisateur mais qui ne peuvent être que relus, et les EDRAW (Erasable DRAW) qui se comportent comme un disque magnétique.

Les ROV peuvent être considérés comme les supports d'une banque de données image passive. C'est la solution adoptée pour une BD de documents de presse (Agence SYGMA), des BD de tableaux (Bibliothèque Ste Geneviève), de jeux ("Un jour au cirque"..), des BD d'architecture (URBAMET, "La ville imaginaire"), le tourisme ou des collections diverses iconographiques (Biarritz,..). Ce sont des données pré-enregistrées, et la technique de réalisation de ce type de vidéodisque est celle du pressage.

Les DRAW sont classés en deux familles, celles à enregistrement analogique, assez semblables aux ROV si ce n'est la liberté laissée à l'utilisateur, et celles à enregistrement numérique appelées DISQUE OPTIQUE NUMERIQUE (DON) dont le débit est encore relativement faible (2 Mbits/s pour Philips, le double pour Thomson), mais leurs qualités d'archivage (longévité) et les temps de recherche courts (environ 2 secondes en moyenne), un coût assez faible (de l'ordre de 2 KF par disque) et leur grande capacité de stockage (supérieur à 1 Goctet) laissent espérer une multiplication des applications. Le principe est l'utilisation d'un pinceau de lumière qui balaye la surface du support, tandis que grâce à un jeu de prisme et de miroirs, des photo-capteurs analysent cette lumière. Une rotation de phase de l'onde optique révèle une modification de la surface du disque, et donc l'inscription d'un ou plusieurs bits. L'inscription est obtenue par modification des propriétés de structure de la surface du disque par échauffement.

Les EDRAW sont l'avenir des vidéodisques. Leur principe est identique à celui des DON, mais les composants utilisés permettent une modification réversible des propriétés de réfraction des composants de surface (Fujitsu).

Niveaux d'interactivité [WANEGUE 1984]

Le niveau 0 L'information est enregistrée sous forme d'un programme continu destiné à être visionné sans interruption. La logique d'utilisation est linéaire et le rôle du spectateur est purement passif.

Le niveau 1 Il correspond à l'utilisation d'un lecteur ayant en plus des fonctions de ralenti, accéléré, marche avant ou arrière, arrêt sur image, sur chapitre, accès à une image ou un chapitre...

Le niveau 2 C'est le couplage de l'informatique et de la vidéo. Les fonctionnalités du lecteur sont voisines de celles du niveau 1 mais il comporte un microprocesseur capable de stocker des instructions de programme informatique, permettant d'agir suivant les réponses de l'utilisateur après sollicitation par ce même programme. Il s'établit un dialogue entre l'utilisateur et le système. Le programme est stocké dans le vidéodisque et son chargement est automatique dès la lecture des premiers sillons.

Le niveau 3 Il y a une totale séparation entre le contenu audiovisuel et le programme informatique nécessaire à la commande du vidéodisque. Celui-ci est considéré comme un périphérique image, et le dialogue s'établit entre l'utilisateur et le système grâce à des interfaces de couplage homme-machine qui peuvent être le clavier de l'ordinateur, mais aussi une photostyle, une tablette graphique...voire même dans certains cas des robots. On peut aussi retrouver à ce niveau les applications relevant de la simulation

(pilotage d'avions..).

Normalisation

Le problème essentiel du vidéodisque est un défaut de jeunesse, chaque fabricant utilise ses propres normes, il serait intéressant de figer quelques procédés de fabrication afin de permettre une portabilité identique à celle des disques audio habituels. Les caractéristiques sont la vitesse de rotation, l'adressage d'une piste (guidage concentrique ou spiralé), le mode de synchronisation (signal de synchronisation dans la trame des données ou support pré-sectorisé), le format du disque (12, 5 pouces 1/4, 30 ou 33 cm)...

SUPPORT de MEMORISATION	CAPACITE (bits)	EQUIVALENT FEUILLE A4 (pages)	TEMPS D ACCES (secondes)	COUT par BIT (F)
papier(feuille A4 dactylographiée)	50 Kb	1	5	10^{-6}
fiche microfilm (A6)	2 Mb	40	10	10^{-6} à 10^{-7}
disque souple (disquette)	5 Mb	100	50×10^{-3}	10^{-2} à 10^{-3}
bande magnétique	100 Mb	2000	1	10^{-6} à 10^{-7}
disque dur	1 Gb	20000	5 à 10×10^{-3}	10^{-2} à 10^{-3}
vidéodisque	10 Gb	200000	0,1	10^{-8} à 10^{-9}
cartes mémoire à bulles	10 Mb	200	50×10^{-3}	10^{-2} à 10^{-3}
cartes mémoire à semi conducteurs	50 Mb	1000	100×10^{-9}	10^{-1} à 10^{-2}

schéma 1: Comparaison des capacités, temps d'accès et coût par bit de quelques supports de mémoire d'après Anquetil et coll.

L'avantage essentiel du vidéodisque est son mode de lecture optique, l'énergie nécessaire provient de l'extérieur, et le support a un rôle totalement passif. On peut considérer que la totalité de l'énergie émise par la diode peut être contrôlée et utilisée. Contrairement à une ampoule électrique, la lumière laser est contenue sur une seule fréquence, de manière synchrone et sur un unique plan de polarisation. La précision d'un tel signal permet donc l'augmentation importante des densités de stockage de l'information. De plus la lecture par déplacement d'un faisceau optique sans poids ni inertie permet d'atteindre des vitesses de transfert plus en relation avec la masse d'informations stockée. La fréquence propre d'un laser atteint le térahertz (10^{12} Hz) et offre un taux de transfert théorique de plusieurs gigabits par seconde, la limite provient de l'électronique d'interfaçage. L'application première de ces propriétés est que le vidéodisque est le seul support d'images qu'on puisse envisager pour une utilisation partagée des informations qu'il contient.

4.1.2.2 - Les CD-ROM

Les CD-ROM (Philips Data System) font suite aux disques durs et aux DON. Ils se caractérisent par la façon dont les données sont stockées sur le disque et la méthode employée pour les relire.

L'information est *modulée* de manière à permettre des suites de valeurs identiques tout en respectant quatre critères:

- meilleure densité possible sans les problèmes liés à l'indice de résolution du laser
- cadence de lecture des données (synchronisation, vitesse de rotation du disque)
- minimiser la propagation des erreurs
- faciliter la tâche du mécanisme de lecture.

La représentation de chaque octet par 14 bits-canal, est un compromis optimum entre densité et résolution. C'est la modulation EFM (Eight to Fourteen Modulation).

C'est la *transition* entre une bosse et un creux ou l'inverse qui représente un bit à 1. La *longueur* séparant deux de ces transitions représente des bits à 0.

Les analogies entre disques CD audio et CD-ROM sont :

- le principe,
- la méthode de production des disques,
- les techniques de focalisation, de centrage,
- la densité, le débit constant,
- le format physique des données,
- la modulation, la synchronisation, le système de détection et de correction des erreurs.

Les différences entre disques CD audio et CD-ROM sont :

- le microprocesseur et le micro-code,
- les signaux d'interface,
- le niveau supplémentaire de protection par détection et correction d'erreurs (EDAC),
- il n'existe pas d'interpolateur ni de conversion Digital/Analogique.

Ses caractéristiques sont la capacité de stockage : 1/2 Giga octets, la densité linéaire 1,66 bits/micron soit 10^6 bits/mm, et l'existence d'une protection physique des données par couche protectrice.

4.1.3 - Quelques systèmes d'archivage et de recherche d'images

Ces systèmes utilisent soit des microformes (films ou fiches) de façon classique, soit un système d'archivage plus original qui est le disque optique numérique. Les recherches sont basées sur des références textuelles de type mot-clés.

Les recherches sont effectuées à l'aide de mini ou micro-ordinateur.

Parmi les premiers systèmes d'archivage sur microfilms on peut citer chez Agfa-Gevaert le système Computer Output Microfilm qui filme à la vitesse de 27000 lignes par minute les données en sortie de l'ordinateur. La base est gérée par le système de recherche LK16B ou LK16M sur un mini-ordinateur Dec PDP, ce système est opérationnel à la Compagnie Générale des Matières nucléaires (COGEMA). Kodak propose deux systèmes du même type que le précédent, Komputer Assisted Retrieval 4400 et KAR 2200, qui peuvent gérer de 1000 à 10000 documents par jour. Le système Komstar IV assure le microfilmage des informations en sortie de l'ordinateur, et le système KIMS (Kodak Image Management System) intègre un numériseur d'images et une imprimante laser. On peut encore citer Data Search de Bell & Howell et DMS (Document Management System) de 3M. Pour les systèmes à base de micro-fiches, la principale difficulté consiste en la manipulation et le cadrage du document sur l'écran. Cette fonction est assurée par le terminal ADC 3R de CEMAP, muni du système de recherche d'informations de DECKART d'une capacité de

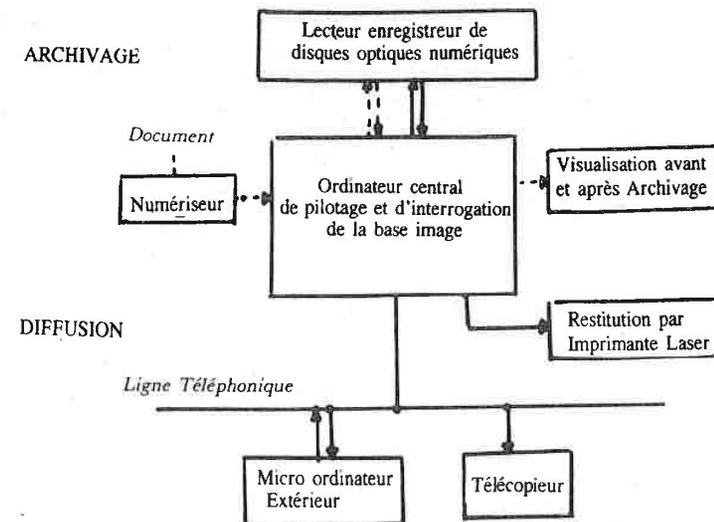


schéma 2 : architecture, constitution et diffusion d'images dans une base de données d'images d'après C.REMY

2000 fiches.

L'autre type d'archivage basé sur le disque optique numérique est assez peu développé, il constitue un produit d'avenir. Outre Mégadoc de Philips Data System destiné aux très importants volumes de documents, on peut citer Opticlass de Sanyo qui réalise à lui seul la numérisation, l'enregistrement, l'indexation, la recherche, la transmission, l'impression des documents. L'avantage de tels systèmes est la possibilité de gérer jusqu'à 300 000 documents en ligne. Basé sur le Gigadisc d'Alcatel Thomson, GIGADOC 1 de Documatic réalise l'indexation automatique, la conversion des supports d'archivage, les fonctions de serveur ou de consultation des fichiers. D'autres systèmes sont basés ou compatibles avec l'utilisation d'un Gigadisc (ou d'un système de "juke box" de tels disques), ce sont Zibra 1 de MC2, Sacado de Syseca, Vipmaster File de Correlative System International, ou encore SM-DOC conçu par Myfra et Sema-Metra et exploité par Mykros-Comeurop. Rapide et permettant l'acquisition et la transmission à distance immédiates, peu encombrant et supprimant toute mécanique, l'archivage sur DON présente les inconvénients d'un coût très élevé, et de quelques soupçons sur la longévité de certains DON (inférieure pour certains à la durée légale d'archivage), nés de l'extrême jeunesse de tels produits.

Servodoc d'Alcatel est fondé à la fois sur la micrographie, les mémoires magnétiques et le disque optique numérique en uniformisant l'accès à ces médias et permettant la migration de l'un vers l'autre.

4.2 - L'ACCES INTELLIGENT DANS LES BASES

Cet accès peut se faire de façon technique ou logique. Dans le premier cas, c'est l'expert humain qui sélectionne les images, aidé dans sa tâche par des outils spécifiques, type images en damier. Dans le second cas, on utilise un système expert, au sens informatique, destiné à encadrer le demandeur dans sa requête.

4.2.1 - Définition d'un système expert

Les modes de fonctionnement des systèmes experts:

1) la base de connaissance est formée d'un ensemble de cas possibles et des traitements particuliers à chaque cas. Le problème est d'élaborer une liste exhaustive de tous les cas possibles. La démarche adoptée est de formuler une hypothèse puis essayer de la vérifier, elle est qualifiée d'hypothético-déductive.

2) la base de connaissance décrit une modélisation du système à étudier ainsi que les liens structurels et fonctionnels unissant les différents composants. Le mode de recherche dans une telle base est différent car le moteur d'inférence travaille alors le plus souvent en chaînage avant, en cherchant à unifier les hypothèses contenues dans la base de faits et les propriétés et règles de la base de connaissance. Le mode de fonctionnement est un mécanisme déductif procédant des effets (l'ensemble des faits) vers les causes.

Les descripteurs sont définis par un ensemble de propriétés conduisant à la définition d'une taxonomie ou CONCEPT. Ils sont structurés par des opérations d'union, de composition, de mise sous forme canonique. Leur formalisation se fait au sein d'un langage de description de la connaissance. Ce langage doit s'accompagner d'un lexique permettant de définir les synonymes, les mots voisins...

La **BASE de CONNAISSANCES** est la connaissance du domaine sous la forme d'entrées et de sorties du système. Les faits peuvent prendre les formes suivantes: simple proposition sous la forme d'un n-uplet, un couple attribut-valeur dans les systèmes d'ordre 0+ ou 1, schémas (frames) servant à définir des thèmes autour de notions qu'on peut interpréter comme des situations-types définies par un ensemble de contraintes. Elle est modifiable par un spécialiste.

La **BASE de REGLES** permet de définir comment apprendre. C'est un algorithme de traitement sous forme d'arbres de décision, de règles de production, ou d'heuristiques.

La **MEMOIRE de TRAVAIL** est la **BASE de FAITS** qui conserve les données du problème, les résultats intermédiaires et la trace du cheminement.

Le **MOTEUR d'INFERENCE** permet de se déplacer suivant une stratégie. Il est constitué par un module de sélection: on choisit parmi un ensemble de règles applicables (prémises vérifiées) celle qui va être appliquée.

Le "back tracking" est l'opération inverse: parmi un ensemble de règles appliquées on choisit celle qui va être remise en question. On peut utiliser des règles comportant des coefficients de plausibilité.

La classe du problème permet de définir quel type de moteur d'inférence choisir (diagnostic: ordre zéro, planification: avec variables). On peut distinguer les systèmes d'ordre 0 utilisant des règles sans variables et fondant leur stratégie sur la simple logique propositionnelle, les systèmes d'ordre 0+, dont les règles font intervenir des conditions sur

les valeurs associées à des attributs, et les systèmes d'ordre 1 comportant des variables fonctionnant suivant la logique des prédicats.

Le système expert a pour propriété son aspect **DECLARATIF** s'opposant à l'aspect **ALGORITHMIQUE** des procédures. On peut considérer qu'un système expert correspond à une phase préalable de connaissance, de la même façon que la démarche adoptée dans une recherche (constitution d'un dossier), alors que l'algorithme est une connaissance organisée, il correspondrait à la phase terminale de la recherche avec rédaction d'un rapport. L'avantage du système expert est que dans les raisonnements en surface, le modèle peut être incomplet, d'où la nécessité d'introduire des probabilités, des heuristiques.. traduisant les incertitudes et le savoir faire de l'expert.

4.2.2 - EXPRIM

Le projet **EXPRIM** (système **EXPERT** pour la Recherche d'**IM**ages) s'est initialement développé autour des problèmes de gestion des documents iconographiques d'une agence de presse (**SYGMA**). Il se poursuit actuellement dans le cadre du Programme de Recherches Coordonnées, "Bases de données 3 ième génération" et entrera bientôt dans celui du programme européen **ESPRIT**, en collaboration avec la Société Européenne de Propulsion, le bureau Marcel Van Dijk de Bruxelles, la BBC, Philips et Logica.

La nécessité d'utiliser un système expert pour la recherche de documents iconographiques s'impose par le fait de la richesse de l'image et par suite de la diversité de son contenu, mais aussi du domaine connoté auquel elle se réfère. Le documentaliste indexe l'image suivant des critères qu'il cherche à rendre objectifs. La personne qui recherche un document image ne sait pas parfois définir sa requête dans des termes précis car elle ne la formalise pas toujours dans son esprit, et en tout cas si elle le fait c'est rarement dans les termes de la personne qui a réalisé l'indexation. Le rôle d'un système expert est de prendre en charge cette demande informelle pour guider le demandeur vers une précision plus grande à partir d'images présentées, acceptées ou refusées. Le système expert analyse ces refus et cherche à déterminer les traits communs des documents refusés par exemple.

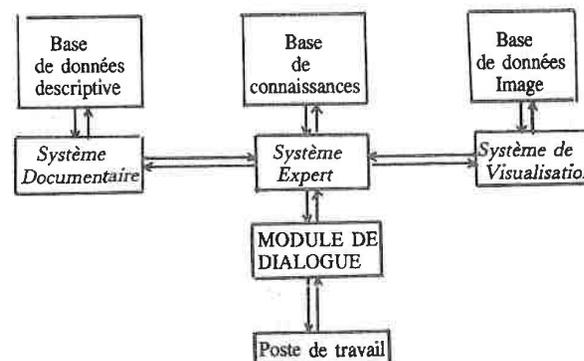


schéma 3 : Architecture d'EXPRIM

La recherche ne s'exécute pas directement sur les images, mais sur une base de données textuelles, qui forme la base descriptive des images.

La **base descriptive** réalise les deux niveaux de signification: le dénoté ou contenu, et le connoté, qui représente l'ensemble des concepts illustrés par le document mais aussi les diverses conditions, les appréciations.. enfin toutes choses pouvant se rapporter au document.

Le **système expert** utilise une base de connaissances qui contient

- des règles de production qui aident le système à générer des requêtes, ou permettent l'évolution des requêtes initiales, ainsi que des règles permettant de gérer l'exploitation visuelle des images et la ventilation entre diverses piles définies dynamiquement.
- des informations sur le vocabulaire utilisé pour la description des images constituant le lexique (synonymes, termes voisins pour élargir une requête, termes opposés..)
- des informations sur le domaine de l'étude (le système ne peut être généralisé à tous les domaines uniquement pour des problèmes de performance et de temps de réponse).

Le **système de visualisation** permet l'affichage plein écran ou en damier de 16 images.

Le processus consiste en l'itération d'une succession de trois phases non complètement distinctes: recherche documentaire (phase dite "avant-visualisation"), visualisation interactive, exploitation des choix effectués lors de la visualisation (phase dite "après-visualisation") [CREHANGE 1984].

Le résultat d'une requête peut être rien (le SILENCE), ou un ensemble d'images dont une partie est sélectionnée (ensemble CHOISI) ou rejetée (BRUIT): dans ce cas on peut utiliser l'information de non-conformité aux désirs. En recherche documentaire, il faut remarquer que le silence est plus gênant que le bruit.

A chaque instant le système doit permettre un retour sur des choix antérieurs, suivant l'évolution des idées de l'utilisateur.

Un tel système est utilisable en EAO, lors de la recherche de documents pour illustrer un concept. Ses limites sont liées à l'utilisation de systèmes de descriptions textuels. On restreint la richesse et la variété des descriptions, les traitements, et on perd la spécificité de l'image.

4.3 – LA DIFFUSION DES IMAGES

Constituer une base de données d'images ne trouve sa raison d'être que dans la possibilité d'exploiter ces images. Nous avons déjà signalé les problèmes liés à la dimension de tels objets, et en particulier les délais de transmission. Nous allons développer les différents moyens de diffusions disponibles ou futurs.

4.3.1 – La diffusion par réseaux

Les réseaux de transmission sont de deux types, cablés ou hertziens. Dans le premier cas, les transmissions en half duplex ou en full duplex permettent une interactivité entre émetteur et récepteur, les personnes en présence pouvant alterner leurs fonctions de spectateur et d'acteur, dans le sens où ils peuvent réagir sur le déroulement d'un programme. Les faisceaux hertziens sont essentiellement destinés à l'émission de programmes, leur degré d'interactivité quasi-nul est dû au fait de la lourdeur du matériel nécessaire à la mise en oeuvre de tels moyens de communication, et à leurs spécificités techniques, demandant de la part de l'utilisateur un haut degré de compétence. La limitation des fréquences utilisables (radio, télévision..) a aussi certainement une influence sur les diverses utilisations (problèmes d'interférences en modulation de fréquence ou sur les ondes courtes, distances à respecter entre différents émetteurs..).

4.3.2 – Transmission par câble

Avantages de la diffusion par câble:

La transmission par câble, en augmentant le débit des informations, permet l'utilisation d'images numérisées.

Le téléchargement sous mode crypté permettra aux futurs minitel couplés à un moniteur TV, de fonctionner comme terminaux intégrant image et son. Le Videotex est une réunion de textes écrits accompagnés de graphismes simples qui se transmet par câble suivant des normes de codage et des protocoles de transmission bien définis. L'introduction des normes correspondant au codage des dessins suivant les techniques géométriques (GKS) améliore la qualité du dessin, mais reste actuellement au stade expérimental.

D'après B. GUILLOU, le câble est le réseau destiné principalement à transporter des images, dont la spécificité est d'offrir la possibilité de services *interactifs*.

Par interactivité on entend la possibilité de peser par le jeu de questions et de réponses sur le contenu du programme, le contraire étant la linéarité. On peut ainsi faire des retours en arrière, des détours méthodologiques nécessaires en éducation. L'abondance de canaux permet l'utilisation de programmes accompagnés d'images et de sons, stockés sur magnétoscopes ou vidéodisques, à partir d'un centre serveur, avec une *maîtrise* de l'utilisation (interruptions, retour en arrière, occultation de certains passages..).

Les degrés d'interactivité

Les services de diffusion d'images ou de son définissent pour les niveaux d'interactivité les degrés suivants :

- 0: extension des possibilités de choix de programmes,
- 1: prise en compte croissante par le programmeur des souhaits collectifs des auditeurs,
- 2: prise en compte des demandes individuelles (disques à la demande, audiovisiotex),
- >2: les échanges sonores ou imagés inter-personnes.

La messagerie électronique permet dès à présent les relations entre élèves et professeur, classe (groupe d'élèves) et professeur, élève et machine, élève et élève (par la messagerie électronique, communication de résultats!!), et on peut espérer joindre l'image par l'utilisation de visiophones via des caméras. La diffusion de didacticiels est un exemple de ce degré d'interactivité.

La fibre optique

Technologie de pointe, elle permet les transmissions à haut débit.

C'est un guide de lumière diélectrique. La lumière, constituée d'ondes électro-magnétiques de longueur d'onde $\lambda=0,85\mu$, $\lambda=1,3\mu$, $\lambda=1,6\mu$, reste à l'intérieur de la fibre constituée de plusieurs couches de silice dont les indices de réfraction vont en décroissant du centre de la fibre vers l'extérieur. La partie centrale de la fibre dans laquelle se propage la lumière est appelé coeur, elle est entourée d'une gaine optique et de plusieurs gaines de protection, assemblées dans un câble regroupant plusieurs fibres.

Les fibres actuelles ont un diamètre de l'ordre de 50 μ m en multimodes, et de 10 μ m en monomode. Pour les premières, la bande passante est limitée à quelques Mégahertz mais les secondes ont une bande passante de quelques Gigahertz (pour un câble coaxial de 1 cm de diamètre, la bande passante est de quelques centaines de MHz). Le premier avantage est le faible encombrement pour une très grande capacité de transmission (140 Mb/s). Le signal subit un affaiblissement modeste, qui ne nécessite des répéteurs que tous les 25 km en moyenne alors que les câbles coaxiaux, à débit égal, nécessitent un répéteur tous les 2 km. En plus de la portée de ce type de signal, la fibre de verre reste insensible aux parasites (foudre, environnement électrique..).

4.3.3 – Les services des Télécommunications Françaises

Ce paragraphe permet de voir l'évolution et l'avenir des télécommunications. La Direction Générale des Télécommunications (DGT) est engagée dans une diversification de ses services afin de répondre aux besoins de transmission de la voix, des données, de l'écrit et de l'image. Pour cela, elle s'appuie sur la numérisation progressive du réseau général, et développe des services plus complexes et plus performants.

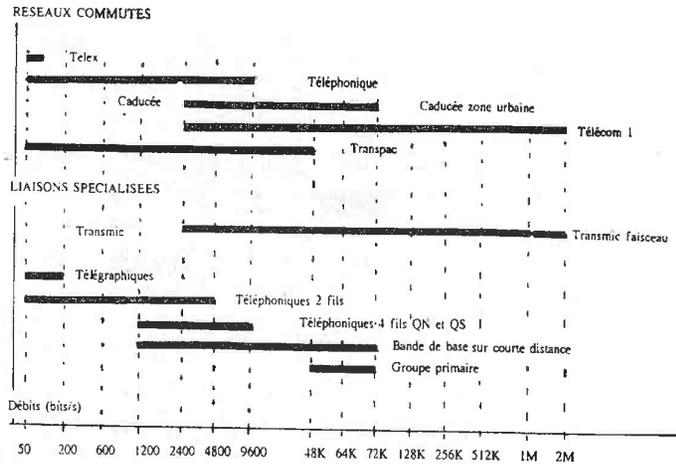


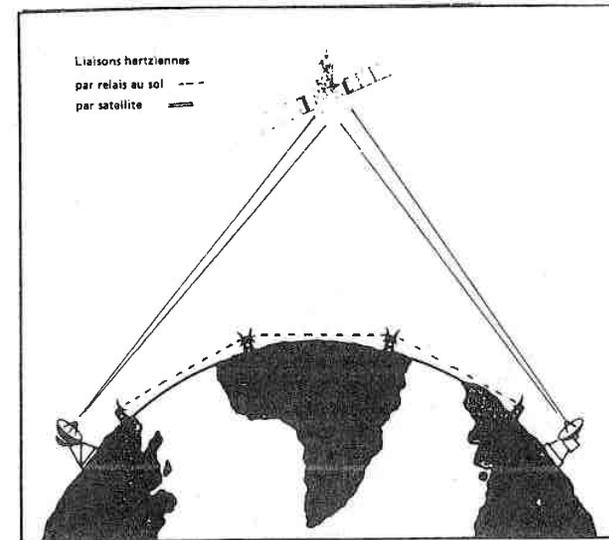
schéma 4 : Les Services Supports des Transmissions de Données d'après E. SORLET

Les services de transmission se divisent en deux groupes, les RESEAUX et les LIAISONS SPECIALISEES (destinées à la transmission de données numériques). Leurs performances peuvent s'apprécier en termes de capacité (nombre de liaisons possibles), de débit (nombre de bits par seconde), et de coût.

Transmic (1979) est un service de liaisons spécialisées numériques permanentes non commutées dont les débits varient de 2,4 à 2048 Kbits/s, réservé à la transmission synchrone, qui trouve sa justification dans le cas d'utilisation importante ou de contraintes d'exploitation, sous la forme de liaisons isolées point à point ou de faisceaux de liaisons. La qualité de service est améliorée par rapport aux liaisons spécialisées analogiques. Son utilisation relève du domaine de la télé-informatique.

Le réseau *Transpac* (1978) est un réseau de transmission de données par paquets, avec des accès directs au réseau, mais aussi des accès indirects via les réseaux téléphonique, télex, vidéotex et télételex (transmission des documents dactylographiés), par protocole X25.

Le réseau numérique par satellite *Télécom 1* est destiné à remplir le créneau se situant entre *Transpac*, au débit maximum de 48Kb/s, et *Transmic*, peu adapté aux besoins de transmission à haut débit au coup par coup. De plus il sera disponible en tout lieu. Les services sont de deux types: le Service de Communication Dynamique, permettant d'établir à la demande ou sur réservation préalable des liaisons numériques sur l'ensemble du territoire (visioconférence, transfert de fichiers à haut débit, de banques de données d'images, interconnexion de réseaux locaux, transmission de logiciels...), et le Service de



Communication Mono-voix permettant l'utilisation classique du satellite en tant que miroir intelligent de diffusion. Le satellite TDF1 dont le lancement est prévu pour 1986, est original par son procédé de transmission par paquets D2MAC qui implique l'utilisation d'un décodeur spécifique et l'abandon du procédé SECAM, ainsi qu'une diffusion par fibre optique, le réseau CARTHAGE.

Le devenir des télécommunications consiste en la mise en place de réseaux de vidéocommunication, en s'appuyant sur le développement du RITD (Réseau Intégrant Téléphone et Données), RTC64 ou RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services).

Pour garantir la modularité et la compatibilité des matériels, le système est découpé en blocs fonctionnels délimitant trois sortes d'équipements:

- l'unité de gestion qui assure les fonctions d'exploitation et de maintenance
- l'unité de commutation qui comprend les organes de connexion temporelle et les organes de commande
- l'unité de raccordement qui correspond aux concentrateurs d'abonnés.

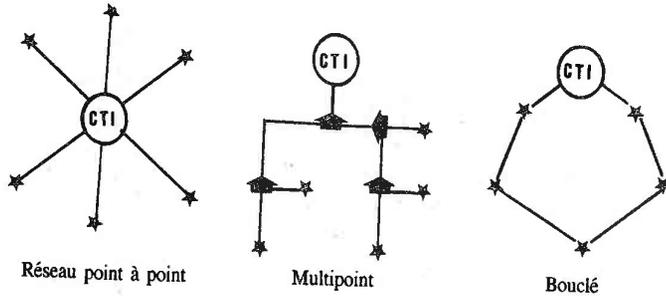
Les réseaux

Les liaisons spécialisées sont des réseaux fermés offrant souplesse d'utilisation, sécurité et mise en présence immédiate du correspondant, ainsi qu'une qualité de transmission accrue par rapport aux réseaux ouverts type RTC.

Ils sont limités

- à un seul organisme avec une configuration en étoile de terminaux autour d'un ordinateur central
- à un ensemble limité d'utilisateurs
- publics, ils peuvent être câblés (cables coaxiaux ou fibres optiques) ou hertziens (ce sont des micro-ondes radioélectriques diffusées à travers l'espace).

Par exemple, le réseau Télételex diffuse des images par l'intermédiaire d'un réseau câblé et des terminaux Minitel, le magazine *Antiope* est diffusé par réseau hertzien et les terminaux sont les postes de télévision munis d'un décodeur.



Légende:

- ★ Terminal
- Centre de Traitement des Informations
- ◀ Amplificateur - diffuseur

Le système Télétel

C'est le système français de vidéotex interactif.

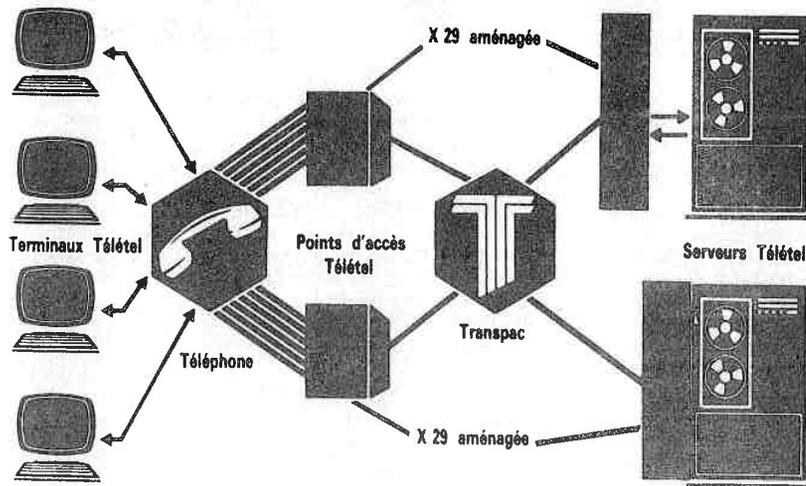


Schéma de diffusion de Télétel d'après MIALET

Les différents partenaires sont les utilisateurs, les fournisseurs de services, et les gestionnaires du réseau. Les matériels en présence sont les terminaux (Minitel), les centres serveurs et le réseau téléphonique commuté muni du Service d'Accès Télétel. Les accès sont directs, si on utilise de bout en bout le réseau téléphonique, ou indirects si on passe par le SAT. Les normes sont définies pour les systèmes de visualisation (nombre de lignes, de caractères, de couleurs possibles...) et pour les accès des utilisateurs.

La norme X25 de raccordement synchrone gère la détection et les mécanismes de correction des erreurs de multiplexage, contrôle les flux, permet l'interconnection de

terminaux fonctionnant à des vitesses différentes... Le protocole PAD (procédure X29 aménagée) permet le support de terminaux arythmiques sur le réseau.

Le minitel

Le modem du minitel fonctionne selon l'avis V23 du CCITT, il autorise les échanges full-duplex à 1200 bauds dans le sens réception et 75 bauds dans le sens émission. La modulation s'effectue par déplacement d'une fréquence de 30 Hz sur une porteuse de 420 Hz. La gestion des quatre organes du minitel suit un protocole qui assure l'aiguillage des données et s'occupe des changements d'états (connexion, fin...). L'implantation du réseau est étoilée avec gestion centralisée. Son fonctionnement est en mode pleine page de façon courante bien que d'autres modes existent (rouleau, loupe...). Le logiciel de décodage correspond aux normes vidéotex et comporte des codes spécifiques aux sélections des différents modes, caractères ASCII, semi-graphiques, positionnement, couleurs...

L'avenir du minitel est dans une version couleur avec une définition très supérieure à celle qui existe actuellement, qui permettra une très grande rapidité pour les transmissions de produits issus de l'audiovidéographie, avec des images de qualité supérieure (codage alphagéométrique) accompagnées de son et de bruitages (cf #1.3.3).

Chapitre 5

UN EDITEUR D'IMAGES

5.1 – EVOLUTION DES IMAGES NUMERIQUES

L'imagerie électronique est un mode d'expression en plein développement. Les raisons en sont principalement les performances croissantes du matériel informatique, en taille de mémoire disponible et en temps de traitement.

Initialement, les "dessins" étaient obtenus grâce à l'utilisation de caractères appelés "semi-graphiques" par certains systèmes, mais qui n'étaient en fait que des codages alphamosaïque. C'est ainsi que la présentation d'états comptables c'est trouvée améliorée par l'utilisation de traits continus en remplacement de caractères "-" ou "I" destinés à simuler les traits horizontaux ou verticaux. Le codage de ces nouveaux caractères nécessitait une extension de la plage des codes disponibles: de 128 caractères alpha-numériques on est passé à 256. Cela impose une taille de 8 bits par élément codé. Un écran classique a une taille de 80 colonnes et 24 lignes, soit une masse d'information égale à 80x24x8 bits (en monochrome).

Si on suppose que chaque caractère est une matrice de 8x8 points, le même écran utilisé en mode pixel nécessite une masse d'information de 80x24x(8x8) bits. Il était nécessaire de définir les primitives permettant d'accéder au pixel. Ce sont les primitives graphiques et le dessin est obtenu suivant un mode géométrique.

L'adjonction de la couleur augmente de façon sensible cette masse, c'est pourquoi les constructeurs proposent souvent, dans le matériel bas de gamme, un compromis entre la définition de l'écran (entité élémentaire accessible) et le nombre de couleurs simultanément disponibles.

Les écrans des ordinateurs familiaux ont une résolution (taille de l'écran en pixel) très variable: 80x72 pour Aquarius (Mattel) à 960x625 pour BFM. La moyenne se situe vers 500x400 pixels, ce qui est une résolution voisine de celle d'un poste télévision standard. Le nombre de couleurs simultanément disponibles est alors assez faible (16 en général).

5.1.1 – Les logiciels graphiques

Ils sont nombreux et peuvent se regrouper en familles.

Pour les ordinateurs familiaux, on trouve des logiciels de dessin à utiliser avec une souris, un crayon optique ou photostyle ou une tablette graphique. Ils cherchent à tirer le meilleur parti de leur résolution limitée.

Pour les machines de résolution suffisante ou spécialisée, on retrouve des logiciels de

- création artistique (Caractor, Colorpoint, Pictor, Lorigraph sur Thomson MO5; Creative graphics sur MSX; Clio sur DAI; Graphic Magician, Mouse Paint sur Apple II; Da Vinci, MacPaint sur Macintosh; MasterPaint, Origraph sur Oric; Colormagic, PCdraw et PCpaint sur IBM-PC, XPaint sur IBM-XT...),

- industriels pour tout dessin technique, CAO, DAO.. (Applicon Solids Modeling, Grafem Ifad, Surface Modeling ou Mechanism Package fonctionnant sur Applicon VA; Architirion, Autocad, Cadmaster, Cadplan sur IBM-PC et compatibles; Computervision CADDs sur IBM-XT; Graphael sur Wang/Secapa; MacSpace sur Macintosh; Robo 1000 sur Apple II; Silvar Lisco SDS sur Apolo, Vax et IBM; Synthavision CAD CAM sur IBM 5080/3250; Versa Cad, Visicad, Xpaint sur IBM...),

- d'animation (Story-board sur IBM-PC; Movie Maker sur Atari, CBM ou Apple II; TGS sur Apple II...),

- saisie et traitement d'images numérisées (Magic, Macvision, Micron Eye sur Macintosh; Oracle sur DEC, IBM, Bull; Super Scan sur Apple II; Thunderscan sur Macintosh...).

Ces listes sont loin d'être exhaustives, l'intérêt porté à l'image par tous les concepteurs est tel que chaque semaine on voit naître de nouveaux logiciels.

Outre les divers logiciels précités, il existe des systèmes de création graphique plus importants. Ces systèmes destinés au traitement des images ont souvent une architecture spécialisée.

On trouve, en premier lieu, des postes munis d'écran haute résolution, de clavier et d'accessoires de numérisation. Ils sont capables de réaliser des traitements locaux grâce à une configuration matérielle à base de processeurs graphiques, de mémoire vive et de mémoire de masse importantes (Applicon, Benson 5010, Control Graphic, D Scan GR1 104, Gixi Radiance, Logo 2000-4000, Matrox GXT 1000A, Secapa, Sintra VHD, Sun, Techdata 2427, Tektronix, Vetric...).

On trouve aussi des systèmes graphiques complets, indépendants, offrant des performances de très haut niveau, des possibilités d'animation, des systèmes de traitement d'image... On citera Apollo Domain, Benson 2000, ComputerVision (Medusa), Damien S260, Digital VAXstation, Artron PC2000 (Image Grabber), Imageur XPaint, Imagic 3D, Interpro 32, Datacopy, Numélec Histopericolor, Polaroid Palette, Sony SMC 70, Calcomp System 25, Control Data CD 793 et 794, Applicon, Tigre 3000 (Gringo), Cubicomp Polycad 10, Quantel Paint Box, Degrafe, Graph 8 et 9 XCom, Quantum CAD 8...

Parmi ces systèmes de création d'images, il faut noter la part importante prise par la création graphique et les images de synthèse. Peu de systèmes intègrent réellement l'image numérisée en permettant autre chose que des incrustations graphiques sur image.

5.1.2 - Les calculateurs dédiés aux traitements des images

Les différents systèmes permettant l'acquisition et le traitement des images numériques nécessitent un matériel particulier, diminuant la lenteur de calcul des systèmes classiques, incompatibles avec une analyse en temps réel des images proposées. Plusieurs architectures spécifiques au traitement d'images sont développées, on retrouve ici quelques solutions proposées.

5.1.2.1 - Quelques classifications

On peut chercher à classer les différents types d'architecture [MERIAUX 1984] suivant les types d'informations privilégiés: les objets à visualiser ou SCENE, les processus mis en jeu ou ACTION, l'image synthétisée ou PIXEL. L'amélioration proposée porte sur un parallélisme accru des différents calculs.

Les machines orientées objet

Elles comportent un processeur dédié à un type d'objet. Ce sont des machines pipeline

de n processeurs objets gérés par un Z-buffer qui organise les priorités dans les traitements. Chaque traitement simple est effectué par un processeur spécialisé, en logique câblée pour la réalisation de fonctions élémentaires, ou microprogrammé dès que le traitement est plus complexe. Chaque processeur est considéré comme un module, un réseau d'interconnexion assure la communication rapide entre les étages [LAMOTTE 1985].

Les machines orientées action

Elles sont basées sur un processeur par type d'action. Les actions sont des algorithmes simples mais fréquemment utilisés dans le traitement des images. Ce sont des machines pipeline.

Les machines orientées pixel

Elles comportent un processeur par zone géographique de l'image voire même par pixel. Les processeurs sont non spécialisés et les machines peuvent être conçues comme des machines pyramidales de micro-processeurs.

Une autre classification, introduite par Castan [CASTAN 1985], reste très voisine de la classification précédente, avec une dualité des niveaux de problèmes en traitement d'image. Le premier, qualifié de bas niveau, concerne les problèmes d'acquisition, de codage, de synthèse, de restauration, d'amélioration, de segmentation ou encore d'extraction de traits pertinents.. A ce niveau la manipulation est basée sur des pixels. Le niveau supérieur concerne un niveau sémantique, les opérations effectuées concernent alors les paramètres de description de l'image.

Les différents types de parallélisme pour le niveau inférieur sont:

- le parallélisme des images: tous les processeurs effectuent la même instruction en mode synchrone. Les machines sont du type Single Instruction Multiple Data (SIMD). Ces machines sont bien adaptées aux traitements locaux.

- le parallélisme des opérateurs: chaque processeur exécute sa propre instruction ou son propre programme en mode synchrone (les données d'entrée d'un processeur sont les résultats du processeur précédent), ou asynchrone (chaque processeur exécute son propre programme). Ces machines qualifiées MIMD (Multiple Instruction Multiple Data) sont donc des machines pipe-line dont une classe particulière sont les machines systoliques (le flux des données circule de façon rythmique). Ce type de machine s'adapte bien aux traitements sur des images entières ou au niveau région.

Les processeurs de haut niveau ne travaillent plus sur l'image mais sur un ensemble de paramètres extraits de l'image par le niveau inférieur ainsi que sur une base de connaissances concernant le domaine de l'application, en utilisant les techniques de l'intelligence artificielle et des langages de programmation permettant le passage entre les modèles et les systèmes. Les machines correspondent alors à l'implantation d'un langage et le problème reste la rigidité de telles solutions liée à leur spécificité.

5.1.2.2 - Les calculateurs analogiques

Ils n'ont pas en réalité une architecture spécialisée, mais diffèrent par leur principe de fonctionnement qui est basé sur la continuité du signal mesuré, correspondant à des variations d'amplitudes. Ce type de calculateur réduit les temps de calcul par le fait qu'il n'est pas nécessaire de décoder les mesures avant traitement pour les coder ensuite. Ils existent à titre expérimental et sont dédiés à des domaines précis. Ils figurent ici car certaines applications envisagées sont la synthèse d'images animées en temps réel pour la vidéo, la vision artificielle et la reconnaissance des formes en robotique [REMY 1985]. Les limites de ce type de machine sont liées aux problèmes de bandes passantes, et non à la

complexité des calculs, c'est pourquoi on peut envisager des calculateurs hybrides réalisant le cumul des avantages des deux types de machines analogiques et numériques (Simstar EAI 2000).

5.1.2.3 - Architecture d'une machine de traitement d'images

On peut considérer qu'il y a une répartition des tâches entre:

- le module *pilote* chargé de la gestion des structures de données et des calculs géométriques..
- le module *graphique* qui se charge de la génération des objets 2D issus du module précédent, dans la mémoire de trame
- le module *vidéo* se limite à la génération des signaux de synchronisation, la gestion éventuelle des priorités entre différentes images (dans le cas où il existe réellement différents PLANS images^(*)), des translations et des zooms d'images, ou de fenêtrage.

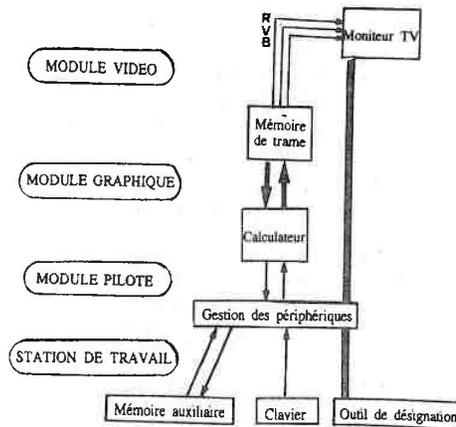


schéma 1 : Architecture d'un système de traitement d'image

5.1.2.4 - Quelques temps de traitements et quelques coûts

En imagerie de synthèse sur CRAY-MP (12M\$), une séquence demandant 24 heures de calcul sur un VAX est réduite à 24 minutes.

Sur CYBER 205 à architecture vectorielle de Control-Data (utilisé par TF1), la

* Le terme de plan-image ne doit pas prêter à confusion, il ne s'agit pas du nombre de bits disponibles pour chaque pixel, sélectionné ou non grâce à un registre particulier, mais d'images complètes et indépendantes que l'on peut superposer pour visualisation par exemple, et il faut alors que le module vidéo dispose d'opérateurs travaillant de façon indépendante sur chaque plan... ce qui est rarement réalisé.

production est de 2 à 3 minutes d'images 3D et 30 minutes d'images 2D par mois pour un prix de revient de l'ordre de 20 à 50 KF par seconde d'animation. Les prix de revient de l'image de synthèse varient suivant le degré de qualité obtenu (image fil de fer, colorations avec ombrage, transparence..).

L'utilisation de palettes électroniques, fonctionnant sur un mini-ordinateur à partir d'images existantes, permet de modifier des couleurs ou des détails graphiques pour un coût moindre (2 à 3 MF)!

5.2 - POURQUOI UN NOUVEL EDITEUR D'IMAGES?

Rappelons que l'utilisation d'un éditeur d'images est imposée par la nécessité, pour un auteur, d'extraire de l'image les renseignements pertinents, et si une même photo peut servir à plusieurs niveaux, il faut alors la simplifier pour mettre en valeur certains objets essentiels.

En EAO, deux modes de création des didacticiels existent: une production industrielle et une production artisanale où chaque enseignant peut devenir auteur. Adapter l'image au problème est le rôle de l'auteur. Cela peut être fait par la mise en oeuvre de moyens techniques importants (vidéo ou autre poste complexe et onéreux). Les productions sont souvent des films, c'est-à-dire des images animées. Ils ne correspondent pas toujours aux objectifs pédagogiques de l'enseignant. Les problèmes sont le coût de telles productions, la lourdeur et les délais liés à la nécessité de demandes à divers organismes spécialisés.

L'enseignant peut souhaiter intervenir de façon plus modeste dans un didacticiel en utilisant ses propres sources iconographiques, et en les adaptant à son enseignement. Il peut aussi désirer utiliser d'autres données images disponibles dans une médiathèque afin de personnaliser son enseignement. A priori, il disposera de moyens plus modestes, locaux ou regroupés dans un centre de documentation spécialisé type CRDP (cf plan de développement de l'informatique qui prévoit l'installation de lecteurs de vidéodisques, à raison de trois par académie, dès l'année 1986).

Le système proposé, par sa souplesse, doit permettre de façon modeste mais rapide D'ACTUALISER et de PERSONNALISER les différents documents de type images fixes en les mélangeant au besoin à des séquences animées.

5.2.1 - Description d'une chaîne de production d'images

La phase d'édition des images traitées par un éditeur d'images correspond à plusieurs étapes qui sont:

- la saisie d'images sources: à partir de documents sur papier (grâce à une caméra numérique), ou de documents sélectionnés dans une base de données d'images
- le traitement des images suivant les différentes opérations proposées par l'éditeur (incrustation, détournage..)
- le stockage temporaire (sur DON) lorsque l'auteur désire garder la possibilité de modifier les images déjà obtenues ou lorsque la diffusion des images doit se faire sous une forme numérique. De telles images peuvent constituer un ensemble d'éléments combinables lors de l'exécution du didacticiel dans lequel elles doivent s'intégrer.
- le stockage définitif (pressage d'un vidéodisque); les images seront utilisées sous leur forme analogique. Elles constituent un ensemble d'images figées par l'auteur.

5.2.2 - Scénarios de diffusion

La diffusion d'un didacticiel nécessite un exécuteur, un récepteur autorisant l'interactivité, des organes de transmission de données. L'adjonction des images impose un dispositif de stockage, de restitution (un récepteur adapté aux images type moniteur TV), des organes de transmission des images. La nature, la combinaison et la localisation de ces

différents éléments permettent d'imaginer les scénarios suivants.

Mode local

Le poste de travail comporte un micro-ordinateur qui exécute le didacticiel, un lecteur de vidéodisque piloté par ce micro, un moniteur vidéo. Ce poste de travail commence à être utilisé dans la formation professionnelle initiale ou continue.

Mode distant

La distribution des images est multi-utilisateurs, le lecteur de vidéodisque est piloté par un mini-serveur qui peut éventuellement jouer le rôle d'exécuteur du didacticiel. Dans ce cas le poste utilisateur est réduit à une console et à un moniteur TV. Ce type d'installation est réalisable au sein d'un organisme (il est actuellement en test à La Villette pour l'interrogation de bases de données d'images). Le réseau doit avoir une configuration en étoile, point à point pour permettre l'interactivité, à base de fibres optiques pour permettre la diffusion rapide des images.

Il est envisageable de l'étendre aux réseaux des télécommunications bien que l'installation des réseaux à base de fibres optiques accuse un retard certain, voire même une modification dans la configuration qui ne peut être que préjudiciable à l'interactivité et diminuer les performances (remise en question de l'installation de réseaux réalisés entièrement en fibres optiques au profit d'un mélange co-axial et fibres optiques, moins onéreux) [de GOY 1986].

Diffusion de didacticiels et diffusion d'images par câble sont réalisées actuellement, mais expérimentées à des endroits très différents on ne peut encore les coupler (Installation de serveurs EAO au niveau académique dans le Var et les Alpes-Maritimes, télédistribution sur réseaux à Vélizy, Biarritz..).

Les terminaux utilisés pour la partie didacticiel sont les nouveaux terminaux Minitel (type 1 bistandard) capables de fonctionner en mode vidéotex et ASCII, ou des micro-ordinateurs interfacés par une carte vidéotex (qui assure le codage et le respect des protocoles de transmission des données) et un modem.

On peut également imaginer d'autres modes de diffusion: distribution ou téléchargement du didacticiel par le réseau téléphonique, les images étant transmises par faisceau hertzien.

Il semble difficile d'envisager une distribution personnalisée des images grâce au faisceaux hertziens en raison de l'encombrement des fréquences. Ce mode de diffusion n'a qu'un très faible degré d'interactivité et s'adresse non pas à un individu mais à un groupe de personnes.

Mode +

Local ou distant, c'est celui dans lequel le didacticiel intègre totalement l'image sous la forme de fonctionnalités offertes à l'utilisateur. Ce dernier peut donc créer ses propres images. Pour réaliser les différentes fonctionnalités, l'utilisateur doit disposer d'un poste identique au poste auteur. Il semble peu réaliste d'envisager qu'un tel poste soit partageable (délais de chargement et de traitement des images). Localisé à proximité de l'utilisateur, il augmente le coût de façon importante. Localisé à distance, il impose un mode rapide de transmission des images et donc une transmission sous leur forme numérique ainsi que des réseaux à base de fibres optiques, la seule technologie qui permette des transmissions massives à haut débit.

5.3 — PRESENTATION D'UN EDITEUR

Définition

Un éditeur est un ensemble de fonctions mises à la disposition de l'utilisateur, afin de lui permettre une manipulation aisée des objets. Ces fonctionnalités sont des possibilités de création, de restitution, de gestion c'est un logiciel qui génère de façon automatique des codes correspondant aux différentes actions que l'auteur souhaite mettre en oeuvre.

Les propriétés

Le degré d'interactivité se mesure par le choix des outils spécifiques d'acquisition d'objets et de création permettant de situer, de sélectionner (utilisation de curseur, création de fenêtre par logiciel ou par outils spécifiques, type tablette graphique ou photostyle).

Les aspects ergonomiques de la station de travail nécessaire concernant l'utilisation simultanée de deux écrans dont les caractéristiques diffèrent. Le premier est destiné à la visualisation des images (type téléviseur haute résolution), le deuxième correspond au poste de sortie du calculateur. Il n'est pas possible de fusionner les deux postes: l'utilisation d'un seul écran avec overlay(s) reste impossible à résoudre pour des problèmes de compréhension des différentes entités, image, objets intermédiaires, messages appartenant à l'image et messages issus du calculateur.

La simplicité de l'apprentissage de la manipulation d'un éditeur dans un domaine d'utilisation est liée à l'existence de "super-macros" plutôt qu'aux fonctionnalités de base, car elles diminuent les risques d'erreurs de manipulation. C'est aussi la possibilité de faire appel, à n'importe quel moment, à un logiciel d'aide qui donne les explications sur la fonction en cours d'utilisation (comment se déroule le processus, l'enchaînement des diverses fonctions de base, les objets manipulés..) et qui permet aussi, à cet instant, de savoir quelles fonctions sont disponibles.

Définition des objets de l'éditeur

Le résultat peut être un objet du même type que ceux manipulés par l'éditeur (ligne ou page de texte, dessin, image ou son), soit un programme qui modifie un objet initialement donné.

Les objets qui interviennent dans les traitements. Dans le cas d'un éditeur d'images on cherche à définir quels types d'images sont utilisables, en noir et blanc ou plutôt en niveaux de gris, en couleurs ou d'autres images (de distances, binaires...). De quoi sont formées les images (le codage et les pixels), comment accéder à un pixel (la position), comment sélectionner des images (les accès à la base de données image), comment sélectionner des parties d'images (les filtres), quels messages adjoindre à une image (le texte et le graphique).

Les aides sont l'enchaînement des menus proposant les différents choix possibles à chaque niveau, la possibilité de retour en arrière ou d'annulation, le traitement des erreurs, les messages..

Les modes de travail

Dans le cas d'éditeurs textuels, on différencie les modes pleine page et ligne à ligne. Dans le premier cas, la zone de travail est une page, dans le second c'est une ligne.

Dans le cas d'un éditeur d'image certains parlent de clôture, et on peut différencier un mode de travail sur l'espace mémoire correspondant à tout l'espace mémoire image disponible, ou une limitation de cet espace par une fenêtre qui peut être ce que d'autres appellent l'*offset d'écriture*.

Si le mode libre (muet) au moyen de commandes est accessible aux utilisateurs patentés, le mode guidé (bavard) avec ses menus est plus agréable pour les non-initiés. Il est de plus en plus remplacé par une sélection interactive dans un écran où figurent des icônes significatives des opérations disponibles évitant le déroulement incessant des menus ainsi que la hiérarchie imposée. Le mode intermédiaire à l'aide de menus déroulants permet l'alternance entre les deux modes, à la demande.

L'aspect des messages

Il est enrichi par l'utilisation des différents options vidéo (inversion, clignotement, demi-brillance, soulignement, couleur..).

Utilisation et répartition des zones écran

Les différentes informations venant du calculateur peuvent se répartir dans différentes zones de l'écran suivant leur rôle:

- la zone en-tête contient le titre du catalogue courant
- la zone de travail contient le menu général ou les options
- la zone d'informations est réservée à l'objet courant ainsi qu'à la liste des commandes disponibles
- la zone des messages et de validation permet l'introduction des valeurs des paramètres
- la zone d'aide peut être la zone de commandes pour le mode muet.

Structuration d'un éditeur

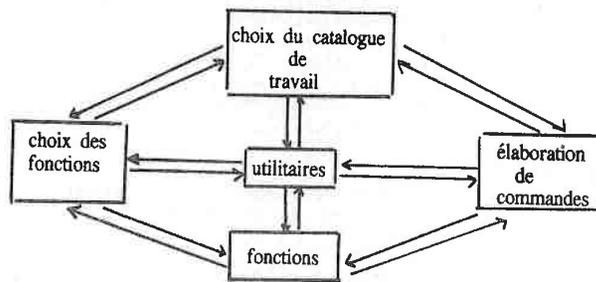


schéma 2 : Les catégories de programmes d'après BENNANI

Les catégories de programmes (schéma 2) sont :

- les *utilitaires* pour lesquels on différencie les fonctions
 - aide sur les différentes fonctions proposées (liste des fonctions définies sur un type d'objet, syntaxe de la commande et signification des paramètres, fonctionnement de l'opération, action des touches valides..)
 - fin d'aide (retour au point d'appel avec restitution de l'état antérieur)
 - annulation d'une commande et retour à un état antérieur (problème des sauvegardes et de restitution de l'état précédent)
 - menu (liste des fonctions disponibles avec choix obligatoire d'une des fonctionnalités proposées; on peut inclure une fonction d'appel à une fin de session, un retour au niveau précédent s'il existe une hiérarchie dans les différents menus proposés, un retour à l'état juste avant l'appel du menu ce qui peut aussi être considéré comme une annulation de la commande)
- visualisation
- suite (dans le cas où une visualisation totale d'une image nécessite plusieurs

visualisations partielles)

- mode de sélection (passage du mode bavard au mode muet et inversement)
- erreur (sur les préconditions d'utilisation des fonctions, sur les types d'objets manipulés, ou erreur de type syntaxique lors de l'appel des commandes..)
- fin de session (vérification des objets modifiés ou créés pendant la session, avec mise à jour des catalogues de la base)
- boîte à outils (utilitaires particuliers destinés à simuler des fonctions spécifiques aux systèmes interactifs: détermination interactive d'une position dans une image visualisée, création interactive d'outils de sélection de type fenêtre ou contour).

les fonctions

sont des procédures définies sur les types d'objets manipulés (ici des images), utilisant des fonctions élémentaires définies sur les constituants des objets complexes. Elles se groupent en fonctions de

- création (prendre, sauver, copier..)
- gestion (détruire, renommer, lister, vérifier, chercher..)
- restitution (voir..)
- modification (zoom, convolution..)
- enrichissement (incruster du texte, des schémas..)

l'élaboration de commandes

en mode muet interfacé avec un langage de manipulation d'objets images comme dans SAPIN, l'utilisateur crée ses propres commandes sous la forme d'instructions où les objets manipulés sont identifiés par des noms de variable et les opérateurs sont les commandes élémentaires fournies par le langage. Cela impose un contrôle de la syntaxe et la validité de la commande définie.

le choix du catalogue de travail

est la liste des objets sur lesquels on désire travailler. Il permet de désigner un sous ensemble d'images pré-sélectionnées dans une base de données d'images.

le choix de la fonction

après avoir défini les objets sur lesquels on travaille, on détermine parmi les fonctions définies sur ce type d'objet, celle qu'on désire exécuter en sélectionnant une des possibilités offertes.

5.4 – LES FONCTIONS DE MANIPULATION D'IMAGES

Cette partie vise à classer les différents types d'opérations de manipulation d'images.

Amélioration et restauration d'images

La transmission d'images impose un codage de celles-ci. Il s'accompagne souvent de procédure de compactage qui diminuent la masse des informations. La décompression des images correspond à l'opération inverse du codage. Elle se réalise souvent par une inversion des algorithmes de codage. Pour compenser la perte d'informations, elle doit être suivie d'une amélioration de la résolution de l'image par INTERPOLATION suivant deux techniques classiques: soit on recopie le plus proche voisin, soit on calcule une valeur "moyenne" entre deux ou plusieurs pixels voisins, en créant ainsi de nouvelles valeurs.

Un autre type de correction est nécessaire, c'est celui des déformations liées au système de mesure: on peut compenser par des modélisations ou corriger le flou par utilisation de filtres (Wiener), par convolution pour diminuer les bruits (lissage), utilisation de filtres passe-haut pour augmenter le contraste, ou de filtres médians non linéaires pour lisser un bruit aléatoire. Ces traitements peuvent rarement s'exécuter en temps réel, pour des raisons technologiques.

Les tables de transfert (Look Up Tables) sont des mémoires associatives qui à un niveau d'intensité mesurée associent un niveau de gris (ou un triplet de niveaux correspondant à chaque fondamentale couleur). Si on modifie la distribution des valeurs à l'intérieur de la LUT, on fait changer l'image en temps réel sans avoir modifié les valeurs originales des pixels. Ces tables sont souvent utilisées pour créer des tables de fausses couleurs, afin d'améliorer la discrimination de l'information, pour augmenter la dynamique d'une image par extension de la distribution initiale de l'intervalle...

Les opérations de segmentation

C'est la conversion d'une image en entités géométriques élémentaires pour mesurer des parties de l'image ou ses propriétés. Ces opérations sont utilisées lors de techniques de codage, de reconnaissance de formes, de regroupement de régions... afin de diminuer la masse d'information et de ne retenir que les "zones intéressantes", en fonction de l'utilisation future des divers renseignements extraits. Ces "zones" constituent les "index-image."

Les opérations d'interprétation

C'est la classification ou la description des images en termes de parties ou de propriétés. C'est l'analyse de l'image, par des méthodes métriques d'identification, afin de dire si un objet est présent ou non dans une image et de le situer dans l'image (reconnaissance des formes, des caractères, analyse de scènes en 2D ou 3D...), ou par des méthodes topologiques (utilisation de masque ou de grammaire dont les primitives sont les segments ou les formes de base, et les règles sont les agencements possibles de ces différentes primitives), analyse de textures (en photographie aérienne), identification d'objets partiellement cachés (en robotique)...

Toutes les fonctions précitées amélioration, segmentation, interprétation, sont réunies sous le terme classique de traitement d'images.

L'interprétation est aussi la DESIGNATION de l'image, c'est-à-dire le lien entre l'information contenue dans l'image, et l'image. C'est le lien entre les objets primaires de la base de données d'images, et les objets secondaires, les descripteurs divers de l'image elle-même. Ce sont aussi les liens entre les différents groupes d'images. Ces fonctions relèvent des problèmes d'accès à une banque de données d'images et ont été évoqués dans la partie interface avec les banques de données.

Les opérations de manipulation

Ces opérations sont des fonctionnalités comme copier, inverser, couper, diminuer ou agrandir (les homothéties), contrôler les composantes couleurs, tous les effets de miroirs, de mosaïque (toutes les symétries centrales ou axiales). On peut ajouter les différents modes de sélection de parties d'images et de composition des différentes parties obtenues.

Les incrustations

C'est l'adjonction de renseignements auxiliaires sur une image permettant de compléter ou de sélectionner l'information.

Ce sont des textes, du graphisme, des flèches ou d'autres parties d'images. On retrouve ici les différents travaux de sous-titrage d'images animées, avec les différents modes d'incrustation textuels, par défilement, par bloc, par décalage ou par recouvrement [MERIALDO 1984].

Dans ce groupe de fonctions, on peut adjoindre les blocages de plans au profit d'autres, que ce soit par des techniques de filtrage de niveaux ou de seuillage.

Ces deux derniers types d'opérations sont plus spécifiques des traitements autorisés par un éditeur d'images et constitueront la partie fonctionnelle de l'éditeur développé dans ce travail.

5.5 – LES FONCTIONS DE L'EDITEUR

5.5.1 – Introduction

Il est possible de faire une classification des fonctions en groupes différents:

- . les fonctions permettant d'obtenir des images, de les trouver mais aussi de les améliorer si besoin est,
- . les fonctions permettant de manipuler des éléments composant une image,
- . celles qui permettent la création d'objets auxiliaires, texte, schéma, contour, texture..
- . celles qui permettent l'adjonction de ces différents éléments à l'image,
- . celles qui permettent l'indexation des objets manipulés afin de les retrouver pour une utilisation ultérieure.

En examinant les orientations de ces fonctions, on peut voir que certaines sont déjà traitées par des équipes de recherche. Le sujet de ce travail est né de l'existence au sein CRIN (Centre de Recherches en Informatique de Nancy) de différentes équipes dont les travaux portent sur une partie des fonctionnalités décrites (groupe image: amélioration de la qualité de l'image, codage, découpage et segmentation...; groupe système expert: accès dans une base de données images; participation à la réalisation de l'éditeur fonctionnel de Diane...). L'EAO est un terrain privilégié d'application de recherches fondamentales dans des domaines tels intelligence artificielle, génie logiciel et programmation.

L'amélioration du confort du dialogue homme-machine peut se faire grâce à la diversification des moyens d'échange. C'est ainsi qu'en plus des messages propres au contenu enseigné, on peut envisager d'introduire parole, graphique ou image.

Les différentes équipes regroupées autour de ce projet ont en commun un thème, des objectifs, et des méthodologies. Les projets tels MEDIAN, EXPRIM, l'ILLUSTRATEUR, visent un enrichissement de la communication homme-machine dans l'exploitation systématique des capacités de perception, de compréhension ou de raisonnement. C'est ainsi que EXPRIM et MEDIAN utilisent les techniques des systèmes à base de connaissances; de même l'ILLUSTRATEUR inclut les techniques développées par EXPRIM dans sa chaîne de traitements.

Les activités de l'équipe RFIA (Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle) dans le traitement des images ont été consécutives aux recherches menées précédemment sur l'interprétation des formes graphiques (dessins, formules mathématiques manuscrites). L'intérêt s'est ainsi porté vers l'interprétation d'images et la vision par ordinateur (projets TRIDENT, ORASIS, SAPIN...). Parallèlement à ces travaux, des travaux portant sur l'intégration de graphiques et de sons ont été réalisés au sein du laboratoire [BENNANI 1984]. S'appuyant sur le savoir-faire accumulé au cours des dix dernières années, ces études ont conduit à la définition d'un éditeur d'objets de type parole (parole et musique numérisées) et d'un éditeur d'analyseurs de réponses spécialisés (projet EPARSE).

L'ILLUSTRATEUR vient compléter la panoplie des différents moyens d'échanges homme-machine. Il propose aux enseignants-auteurs, des fonctionnalités de création et de modification des images numérisées en vue de leur intégration dans les didacticiels.

Afin de garder une certaine originalité dans la partie réalisation de ce travail, il a été nécessaire de choisir parmi les différentes fonctions recensées, celles qui ne relevaient pas d'outils développés par les autres chercheurs ou déjà largement commercialisés (éditeurs textuels ou graphiques): les fonctions de manipulation et de composition des différents éléments à disposition, constituent l'éditeur d'images proposé ici.

5.5.2 – Démarche

La démarche adoptée a été basée sur une approche pragmatique des problèmes soulevés par la réalisation des fonctionnalités souhaitées par divers enseignants.

La première manipulation souhaitée est l'extraction d'un élément figuratif dans une image. Prenons comme exemple un arbre à sélectionner dans une image représentant une forêt.

Comment opérer cette sélection? Par la couleur?

La photographie d'un arbre correspond à un ensemble de pixels dont la valeur n'est pas une constante (la couleur n'est pas uniforme, différence entre les feuilles et le tronc mais aussi nuances diverses dans le feuillage).

On peut introduire des SEUILS de valeurs correspondant aux variations de couleurs, mais alors comment différencier un arbre d'un ensemble d'arbres? Il n'y a plus de discrimination possible et on sélectionne tous les arbres de l'image.

Le principe de sélection par couleur n'est valable que si l'objet qu'on désire isoler se détache nettement du fond de l'image, c'est le principe de base de l'incrustation vidéo.

A l'image de ce que réalise un jeune élève, un "découpage" de l'arbre s'impose, c'est à dire la nécessité de percevoir l'objet à travers sa forme, son CONTOUR. Mais alors comment déterminer le contour de l'arbre? Pour cela deux solutions: utiliser des processus de calcul lourds et pas très opérationnels (reconnaissance de formes, découpage en régions, reconnaissance d'objets dans une scène..) ou laisser à l'utilisateur la possibilité de déterminer lui-même le contour grâce à un outil auxiliaire type tablette graphique ou photostyle.

Après avoir sélectionné l'arbre, on désire l'introduire comme élément dans une autre photographie. Les habitudes pratiques permettent de comprendre la nécessité d'une position particulière: comme pour coller un découpage sur une image il faut le "tenir"; cette position, appelée point de fixation, permet de déplacer le découpage, par translation parallèlement à une direction donnée, ou par rotation..

Cet exemple est révélateur de plusieurs problèmes.

On retrouve des groupes d'objets différents correspondant à des fonctionnalités identiques: seuil, couleur, contour permettent de sélectionner une partie d'image suivant différents critères, certains par valeur font penser à des accès de type associatif, d'autres par localisation sont plus proches d'accès directs. La famille d'objets permettant une sélection est appelée FILTRE.

On voit la nécessité d'introduire des familles d'objets auxiliaires tel les filtres. On peut aussi remarquer l'appartenance de certains objets, comme le point de fixation, à l'image. Cela conduit à imaginer une certaine hiérarchie dans les objets manipulés ainsi que certains liens entre différents objets tel position et contour, qu'il faut préciser.

D'autres auteurs ont déjà défini les différents types d'objets manipulés en traitement d'images (LEVIALDI dans PIXAL, RADHAKRISTHMAN dans L, BELAID dans LPSI..). Les objets définis ici sont voisins et les différences observées n'existent que par l'obligation de définir de la façon la plus précise possible les différents objets d'une APPLICATION, alors que dans les autres cas, ils restent sous une forme beaucoup plus générale.

Une autre remarque s'impose, concernant les contraintes liées au type de l'application. Ici l'interactivité du logiciel impose certains choix, par exemple créer une fenêtre de façon interactive sur un écran limite les dimensions de celle-ci à celles de l'écran, et d'autre part implique l'inutilité de certains objets ou de certaines situations. Il faut se laisser guider par des critères de bon sens permettant d'optimiser et de rendre cohérentes les fonctions proposées à l'utilisateur. Sauf cas de force majeure on cherche à éviter des entrées

textuelles, longues et sources d'erreurs. Il est impossible de demander à un utilisateur de calculer lui-même les différentes valeurs particulières (de type position par exemple) dans son application et de les communiquer au système sous une forme chiffrée. Une désignation de ces positions sur l'écran est beaucoup plus simple, une fois réglé le problème de la précision de la saisie de l'information.

L'éditeur d'images comporte donc une partie sur les différents objets recensés ainsi que les différentes fonctions de manipulation de ces objets. Les définitions informelles obtenues de façon pragmatique doivent être précisées dans un certain cadre de cohérence (Annexe 1). Cette partie correspond à une généralisation des différents types d'objets et à leur définition en tant qu'opérations autorisées sur ces objets, on rejoint une spécification abstraite des objets.

Conclusions

Les différentes définitions qui suivent sont informelles et inspirées de la connaissance pratique, elles suivent une démarche descendante, du plus général vers les objets élémentaires, si bien que ce cheminement, s'il nécessite rarement une remise en question de l'existence des objets de niveau supérieur, oblige parfois à compléter les définitions premières.

5.5.3 – Objets recensés

L'adjonction d'images pose un problème de représentation: on ne peut actuellement décrire les objets à l'aide de la Représentation Interne de DIANE. Les travaux récents du COCODI [RAVI 1986] ont abouti à une proposition de représentation permettant l'intégration d'images numérisées ou la présentation de séquences audio-visuelles animées sur un support externe. Le formalisme proposé n'a pu être utilisé du fait de sa nouveauté. Parmi les objets proposés certains touchent les problèmes de synchronisation qui n'ont pas été évoqués dans ce travail.

Le catalogue d'images

C'est un ensemble d'images (objets primaires) couplées à des références (objets secondaires), chaque couple étant appelé image référencée. Ce catalogue correspond en entrée à une sélection d'images dans la base de données, et en sortie à une collection d'images accompagnées des références textuelles nécessaires à leurs introduction dans une base de données.

Le rôle du catalogue est de collecter toutes les informations nécessaires sans préjuger de l'organisation de la base ou des contraintes liées au type de base considéré (hiérarchique, relationnelle..). Il sera donc nécessaire d'introduire une couche supérieure qui interfacera le catalogue d'images avec la base (grâce au Langage de Manipulation de Données par exemple, ou des logiciels spécialisés).

Une image référencée

C'est donc l'association d'une image et d'une référence. Il est important de remarquer que les deux constituants image et référence ne forment pas une seule entité physique. L'image peut se situer en mémoire image, en mémoire centrale ou en mémoire secondaire (disque optique numérique). Une image référencée est donc un "enregistrement" permettant d'accéder aux divers renseignements. Une conséquence est la possibilité d'introduire des incohérences en modifiant l'image, sans mettre à jour les renseignements.

La référence est de type textuel (auteur, sources, droits d'utilisation, thème, caractéristiques de type date, lieu, conditions d'obtention..) considérée comme une chaîne de caractères. On pourrait considérer d'autres types de références à l'aide de descripteurs de type arborescents pour structurer la composition de l'image par exemple... mais il est possible de coder des arborescences sous forme de chaîne de

caractères et il suffit d'avoir alors un module de traduction. On se limitera donc à ne considérer que des références de type chaîne de caractères.

Définition d'une image

Le premier problème à résoudre est celui de la définition d'une image. On peut considérer une image comme un ensemble de triplets coordonnées, valeur d'intensité. Cette définition implique une masse d'informations importante et redondante compte tenu des traitements sur les images. On sent certaines propriétés topologiques de voisinage qui font que les accès dans l'image suivent une certaine organisation. C'est pourquoi une deuxième définition est proposée, celle d'une table de valeurs permettant de faire disparaître la redondance due aux coordonnées.

Un autre problème concerne la taille des images manipulées. Faut-il considérer que les images ont toutes une taille identique?, permettre qu'elle soit quelconque?, ou encore limiter la taille maximale possible à la taille du système de visualisation (mais alors cela changera suivant la technologie utilisée), l'image de taille minimum pouvant être un pixel, mais est-ce que cela offre beaucoup d'intérêt? Une solution possible est de ne rien devoir à la technologie, et de laisser l'utilisateur créer ou manipuler des images de taille quelconque. Ceci ne peut se faire que dans le cas d'images fixes, car la diffusion d'images animées impose une structure identique et surtout une taille identique pour chaque image. Il faudra donc créer une interface qui permettra le stockage d'images de dimensions quelconques sur certains supports à architecture fixe type vidéodisque, si cela n'est pas prévu dans le logiciel de gestion du vidéodisque.

Dans le cas d'une image dont la taille est supérieure à celle autorisée par le système de mémorisation (enregistrement de taille fixe), cela peut être réalisé par une partition de l'image en différentes sous images (tétrabre...), et l'ajonction de fonctions permettant la visualisation complète d'un tel objet grâce à une suite de visualisations partielles. Il faudra donc mémoriser en plus les liens topographiques entre les différentes parties de l'image.

Un autre problème encore sur le mode de conservation des différentes images obtenues, est lié à l'encombrement de ces objets. Si pour des raisons quelconques un auteur est amené à utiliser plusieurs fois une même image source mais lui faire subir des traitements différents (permettant de visualiser plusieurs choses mais pas simultanément, ou adapter les informations auxiliaires à différents contextes pédagogiques...), on peut alors se demander s'il est opportun de conserver les différents résultats sous la forme d'image ou sous la forme de liste de modifications, ce qui aurait comme avantage de permettre en plus de donner une certaine forme d'animation en exécutant les modifications successives devant l'utilisateur. Cela imposerait que le poste utilisateur soit identique au poste auteur. Ce problème a été évoqué lors de la description des différents modes d'utilisation des images (cf # 5.2.2).

Notre choix s'est déterminé suivant plusieurs critères: la probabilité que la configuration du poste élève soit identique à celle du poste auteur, l'allongement des temps de traitement et surtout des opérations de contrôle, l'existence de réseaux spécialisés permettant la diffusion des images sous une forme analogique (actuellement).

Compte tenu des temps des traitements, il n'est pas souhaitable d'unifier les résultats aux seules listes d'opérations (correspondant donc au programme dans le sens informatique de création des images). Ce concept est introduit par certains auteurs dans le cadre d'un environnement de programmation de traitements images type SAPIN [BELAID 1985]. En ce qui concerne cette application, le souhait est de simplifier les différents objets manipulés afin de ne pas alourdir le logiciel par des contraintes de tests ou d'opérations de transformations entre différentes représentations d'un même objet logique. C'est pourquoi les objets en entrée de l'éditeur sont des images, il en est de même pour les objets en sortie.

Cette forme matricielle d'une image, proche d'une représentation photographique et

de la perception visuelle, impose alors un choix concernant la représentation des images correspondant à des objets de forme quelconque. Ces objets sont définis dans une image qui comporte donc des points définis comme appartenant à l'objet, qui ont donc une signification, et les autres qui n'ont pas de signification.

Valeur indéfinie en un point d'une image

Deux problèmes à résoudre: le premier est de savoir par quelle valeur représenter la valeur indéfinie; pour le deuxième, la question posée est de savoir si on peut logiquement coder la valeur indéfinie comme une valeur quelconque. Que se passe-t-il dans le cas d'application de fonctions globales sur une image telle un lissage par filtre? Les valeurs calculées sont faussées et de façon différentes suivant qu'on accepte telle ou telle valeur codée pour indéfini. Ne pas autoriser de telles opérations pour tout ensemble de positions où des valeurs sont indéfinies, implique un contrôle permanent des valeurs pour chaque position avant calcul. La solution proposée est de ne pas autoriser l'existence de valeurs non définies. Cette solution a des incidences sur la définition d'images correspondant à des objets de forme quelconque.

Image filtrée

On appellera image filtrée, un couple d'objets correspondant à une image, et un objet permettant la lecture ou la modification sélective des points, appelé filtre. Ainsi l'image reste cohérente, définie en tous points. Les opérations dites globales sont donc autorisées.

Choix de définition de l'objet filtre

On a vu précédemment que l'objet filtre pouvait correspondre à différents types d'accès dans l'image, direct ou associatif. De plus les accès peuvent être définis par des équations (textuelles) ou par des objets créés à l'aide d'outils interactifs (contour). Le choix d'une solution est guidé ici par un souci d'homogénéisation des objets manipulés. Traduire un contour créé par un photostyle sur un écran en équations mathématiques est possible. Il est représenté par un objet graphique structuré qui est une suite de segments élémentaires. C'est ce qui est fait dans le logiciel d'utilisation de la tablette graphique. L'avantage est un minimum d'encombrement en place mémoire, par contre déterminer les points situés à l'intérieur de ce contour nécessite des calculs importants mettant en oeuvre des algorithmes complexes. Il est peu judicieux d'envisager de renouveler ces calculs à chaque utilisation d'un tel filtre.

Il existe une autre possibilité qui est d'utiliser au mieux la mémoire image dont on dispose. On obtient alors une représentation matricielle homomorphe de l'image considérée, et correspondant à une codification des autorisations de lecture-écriture pour chaque position, qu'on représente par une image binaire. Cela correspond pour certains auteurs à la notion de *mapping*.

Le problème soulevé est celui de l'encombrement de tels objets, en contrepartie ils ne nécessitent pas de multiplier les calculs pour chaque utilisation du filtre. Seules les applications où ce logiciel peut être utilisé permettront de savoir si ce choix est opportun ou non, et peut conduire à une remise en question.

La fenêtre

Un outil de sélection particulier correspondant à la sélection d'une sous-image dans une image est la fenêtre. C'est un outil simple dont la durée de vie est courte, au plus la durée de la session de travail, c'est pourquoi il est différencié des autres filtres et supporte des traitements particuliers. Cet objet a une forme particulière, rectangulaire, et sera donc caractérisé par les dimensions de ce cadre; d'autre part il est nécessaire de savoir où l'appliquer et on retrouve la notion d'un point de fixation, classiquement donné dans la littérature comme étant l'angle supérieur gauche du cadre. Cet objet est créé de façon interactive sur l'écran de visualisation, en conséquence, ses dimensions seront limitées à celles du système de visualisation.

La position

C'est l'accès direct dans une table à deux dimensions pour les objets planaires. Il faut remarquer que pour certains traitements dits *globaux*, c'est à dire effectués pour toutes les positions de l'image, les accès s'exécutent en suivant un certain ordre qui conduit à définir sur ce type des fonctions permettant de définir ce qu'on appelle *position suivante* ou l'ensemble des positions *voisines* d'une position donnée. La première dépend de la technique de visualisation (balayage en trames ou cavalier), la deuxième dépend de la méthode d'échantillonnage.

La valeur

Un pixel est donc la valeur prise par un point d'une image correspondant le plus souvent à une intensité lumineuse, mais on peut avoir d'autres types d'images, des images de distances, d'angles, de couleurs, binaires... La valeur prise par le point peut être simple (entier pour les images en niveau de gris, réel pour des distances) ou complexes (triplet d'entiers pour des images couleurs...). Il faut donc répertorier les différents types d'images utilisés dans l'éditeur compte tenu de l'orientation EAO. A priori, trois types d'images ont été recensés, les images en niveau de gris (chaque pixel correspond à l'intensité lumineuse au point considéré), les images couleurs (qui peuvent être considérées comme l'association de trois images en niveau de gris pour chaque fondamentale Rouge, Vert, Bleu dans le cas de synthèse additive), et les images binaires (chaque pixel correspond à une valeur booléenne) permettant par exemple une représentation des objets filtres.

5.5.4 – Hiérarchisation des objets

On retrouve plusieurs fois les mêmes objets, introduits dans des objets plus complexes, position par exemple, qui peut être considéré comme un accès direct dans une table à deux dimensions, et contour qui peut être considéré comme une liste de positions avec des notions supplémentaires concernant des propriétés de voisinage de deux éléments consécutifs de la liste. Il y a donc une relation entre position et contour, l'un est un composant de l'autre, muni d'un constructeur, qu'on a appelé liste, mais qui possède des propriétés telles que certains auteurs introduiront le concept de suite [LEVY 1984]. La hiérarchisation des différents objets se fait donc à l'aide de constructeurs dans le cadre d'une description formelle des différents objets qui est traitée dans l'annexe 1.

Les fonctions définies sur chaque type d'objet sont donc des combinaisons d'opérations élémentaires définies sur les composantes des objets et les opérations définies sur chaque type de constructeur.

5.5.5 – Les objets graphiques

Ce paragraphe n'est qu'un rappel des différents objets graphiques nécessaires à une telle application. Il ne vise pas à établir une liste exhaustive de tous les objets graphiques existants, travail qui est fait par d'autres auteurs, mais à faire ressortir les objets les plus usuels. On peut supposer qu'une interface permet de créer ces différents objets graphiques à partir d'un éditeur graphique et de visualiser le résultat dans une partie spécifique de la mémoire image qui est l'overlay. Lorsqu'on est satisfait, on peut soit mémoriser ces objets dans une mémoire secondaire, accompagnés de références concernant l'image auxquels ils se rapportent, soit procéder à une incrustation définitive de ces objets dans l'image.

Le trait, nécessaire pour désigner par fléchage des parties intéressantes, ou entourer des zones significatives, accompagné de s différents aspects possibles (tiré, pointillé, variation d'épaisseur, de couleur, orientation, graduation...).

Les textures: pointillés ou hachurages divers, permettant de signaler des zones, ou des couleurs.

Des formes classiques, cercles, rectangles, carrés, triangles de tailles différentes, et de couleurs ou d'aspects différents (évidés ou pleins).

Le texte qui peut prendre des aspects différents suivant la police utilisée, la taille des caractères, ombré, gras, italique..

Les fonctions définies sur ces types d'objets sont celles qui permettent de les créer, de les déplacer... de transformer leurs caractéristiques, enfin toutes manipulations classiquement connues.

A cette liste d'objets, on peut ajouter des objets graphiques plus complexes, spécifiques de l'application : flèche, grille, système d'axes, échelle.. tout objet de désignation ou de référence.

5.5.6 – Fonctions nécessaires

La démarche adoptée pour définir les différentes fonctions est aussi de type descendant: pour chaque objet répertorié, on définit les fonctions suivant trois groupes (création, consultation, modification), à partir d'opérations existant sur les différentes composantes de l'objet.

Catalogue

Créer un catalogue

Lister toutes les références des images constituant le catalogue

Lister toutes les images constituant le catalogue

Lister quelques références d'images suivant un critère de sélection

Lister quelques images suivant un critère de sélection

Choisir une image dans le catalogue

Ajouter une image référencée

Supprimer

Modifier

Remarque: ces opérations ne peuvent être réalisées que suivant la technologie d'implémentation du catalogue. On rappelle que l'utilisation de disques optiques numériques interdit toute modification sur place de l'image.

Image référencée

Créer une image référencée est coupler une image qui existe déjà, à des références textuelles diverses. Cette fonction est la fonction élémentaire d'adjonction dans un catalogue.

Les opérations de cet objet sont la sauvegarde et la restauration.

Sauvegarder une image référencée consiste à écrire l'image sur un support permettant une certaine longévité (sauvegarde temporaire ou non), et mettre à jour ses références. Restaurer est en fait charger l'image (la placer en mémoire image).

Les opérations de modification portent soit sur l'image, soit sur les références.

Image filtrée

C'est un objet avec deux composantes qui sont d'une part l'image source et d'autre part le filtre qui permet la sélection des positions en lecture ou écriture.

La fonction de création d'une image filtrée correspond à la création d'une image binaire (un filtre), couplé à une image existante.

Lors de la phase de création des images filtrées, on peut être amené à créer successivement des objets filtres élémentaires qui forment la partie filtre et qui portent sur la même image. On peut souhaiter optimiser la taille des images filtrées en gardant seulement la partie significative.

La fonction essentielle proposée à l'utilisateur est celle qui correspond à l'écriture d'un objet (image de forme quelconque) dans une image (cette fonction est souvent appelée "couper-coller"). C'est une incrustation donc une modification de l'image de fond, par une écriture conditionnelle des valeurs lues dans l'image que l'on place.

La réalisation de tels objets est obtenue en utilisant les propriétés des mémoires images. Une image filtrée est le résultat de la combinaison de plusieurs plans superposables, un plan inférieur qui correspond à l'image, un plan supérieur qui correspond au filtre. Une image peut avoir en quelque sorte une "profondeur variable", pour la plupart des systèmes actuels on arrive à accéder ainsi à deux plans, image et overlay, dont les performances sont inégales et avec une qualité de "transparence" pour le plan de niveau supérieur.

Un tel système présente plusieurs modes de visualisation. Cela correspond à une opération logique entre les valeurs du "fond" de l'image et l'overlay, au moment de la visualisation.

On voit donc qu'il n'est pas possible de considérer le fond et l'overlay comme deux objets identiques. Ils diffèrent au moins par la taille des informations, souvent 3x8 bits ou 3x5 bits pour l'image, et 1,2 ou 4 bits pour l'overlay. Peu de systèmes proposent plus d'un plan image vrai. Il est toujours possible, en diminuant les performances et la taille des informations, de simuler plusieurs plans images.

Image

Les opérations de création sont limitées puisqu'on suppose la préexistence de ces images dans une base de données ou leur saisie par des moyens divers type caméra. L'initialisation de la mémoire image à une valeur constante peut être considérée comme un fond sur lequel on viendra, par des modifications successives, composer l'image résultat. Dans d'autres contextes il serait peut être intéressant de réaliser cette initialisation par génération aléatoire de valeurs d'intensité, que ce soit grâce à l'analyse combinatoire ou à des techniques calculatoires différentes, mais dans un contexte EAO, où le but est la représentation de la réalité, cette possibilité ne s'impose pas a priori.

Les opérations d'observation sont de plusieurs types.

La fonction de *visualisation* permet l'observation d'une zone de la mémoire image sur un moniteur.

Elle est différente des fonctions de *lecture* en mémoire image (le résultat est une suite de valeurs codées). Suivant le support de l'image, on peut ou on ne peut pas observer la valeur d'un pixel. La lecture d'une image est globale dans le cas d'images en mémoire secondaire.

Les opérations de modification:

de façon générale une modification correspond à une écriture dans une image préexistante, c'est donc une incrustation. Afin d'éviter tout problème de recouvrement, une modification implique des précautions pour ne pas perdre des valeurs nécessaires ultérieurement: la différenciation entre l'image source et l'image résultat est souhaitable. Cela implique une gestion cohérente de la mémoire image, avec différenciation des zones de lecture et d'écriture. C'est pourquoi nous adopterons le schéma suivant: pour tout calcul sur une image il y a lecture dans la mémoire image, transfert des données en mémoire centrale, le calcul se fait en mémoire centrale, puis écriture du résultat dans la mémoire image. Il est alors possible de visualiser le résultat (schéma 3).

En conséquence, la majorité des fonctions appartiennent à ce groupe et peuvent se répartir suivant les différentes catégories définies par ailleurs: amélioration et restauration d'images, segmentation, manipulation et sélection.

Les opérations de suppression:

elles correspondent soit à une suppression en mémoire centrale (avec libération de la place occupée), soit à une initialisation totale ou partielle de la mémoire image. Pour les images en mémoire secondaire, cette suppression doit être accompagnée d'une mise à jour du catalogue.

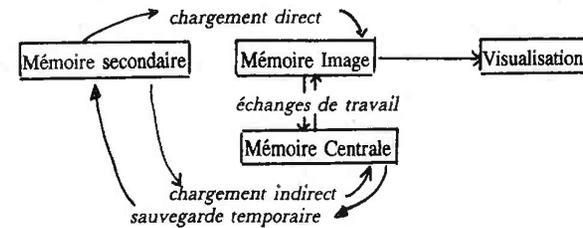


schéma 3 : Circulation des images

Image binaire

Les opérations de création sont assez complexes et se font à partir de deux types de données. Dans notre application, l'image binaire correspond à un filtre, c'est à dire une sélection de certains points d'une image.

Sélectionner tous les points dont les valeurs sont supérieures à une certaine valeur se réalise assez simplement. On crée une image binaire de même taille que celle de l'image analysée: en examinant successivement toutes les valeurs correspondant à chaque position de l'image, on affecte suivant la codification choisie, vrai ou faux à chaque position isotrope dans l'image binaire. L'utilisateur communique la valeur sélectionnée.

Un autre cas est la sélection de positions internes à une forme qui peut être une figure géométrique, tel un cercle. Il faut en saisir les caractéristiques (centre et rayon), éventuellement le visualiser pour confirmer. Il faut ensuite traduire ces données en une équation mathématique qui permette le calcul des positions internes (la valeur affectée est vrai) et externes (la valeur affectée est faux).

Que ce soit pour des accès de type associatif dans une image, ou des accès directs, on peut imaginer que la sélection se fait à partir d'une "formule" mathématique introduite de façon TEXTUELLE. L'algorithme de reconnaissance des formules mathématiques est complexe. Nous choisissons une solution plus simple, guidé par notre souci d'améliorer l'interactivité et en considérant que dans la majorité des cas, les formes utilisées sont classiques (cercle, quadrilatère ou polygone, à ces dernières nous ajoutons la possibilité de travailler sur des formes quelconques obtenues à l'aide d'une tablette graphique).

Les diverses formes obtenues permettent de voir, puis de désigner les zones à sélectionner. Ces objets sont temporaires, créés en overlay. Contrairement au type fenêtre, qui sera examiné ultérieurement, l'utilisateur gère leur durée de vie. En conséquence il n'y a pas de sauvegarde prévue par le système.

Le mode de saisie est interactif (exemples : une droite est déterminée par la saisie interactive de deux points distincts, un cercle par la saisie de son centre et d'un autre point qui lui appartient...). Pour les opérations de seuillage, l'utilisateur désigne directement sur l'écran, les pixels qui correspondent à la valeur choisie.

Le "détourage" est la définition d'un objet par contour, c'est à dire une liste de positions contiguës (voisines), à partir desquelles il faut déterminer si le contour est fermé, que faire en cas de boucles multiples, que faire si le contour n'est pas fermé, peut-on extrapoler et dans quelles conditions, quels algorithmes utiliser pour calculer les positions internes à un contour [BERTIER 1984]. La solution a été guidée par

l'interactivité du système. Nous avons considéré, qu'il est plus facile et plus agréable pour l'utilisateur de désigner successivement les zones sélectionnées, plutôt qu'avoir un algorithme qui impose ses propres choix. Cela règle le problème des boucles multiples. Pour limiter les problèmes en cas de contour non fermé, on a défini une zone de travail où sera créé le filtre.

Les opérations d'observation sont identiques à celles des images. La visualisation dépend de la configuration du système. Pour visualiser une image binaire, on est obligé de passer par une phase de codage, pour représenter les valeurs booléennes. Le choix est souvent noir (faux) et blanc (vrai).

Les opérations de modification posent les mêmes problèmes que pour les images et dépendent essentiellement du support. Ces sont des opérations logiques (ET, OU, NON...). Toute opération d'écriture d'une image binaire sur une autre image binaire correspond en réalité à une opération de type "ou", c'est-à-dire une union des deux images, plutôt que la projection de la deuxième sur la première. On peut aussi définir quelques fonctions qui permettent d'optimiser la taille de ces objets en proposant la détermination du cadre entourant la seule partie significative d'une telle image (AJUSTER), voire même créer une autre image binaire de taille réduite ne contenant que les informations strictement significatives (REDUIRE-IMB).

Couleur

Si on considère une couleur comme la combinaison de trois fondamentales R, V, B les opérations définies sur les images en couleur sont identiques à celles définies pour les images en niveau de gris, à cela près qu'il est nécessaire de "tripler" les opérations pour chaque fondamentale.

L'utilisateur n'est pas toujours familiarisé avec le modèle RVB, qui ne correspond pas à ses perceptions colorées habituelles. Nous proposons l'utilisation d'une mire, dans laquelle on sélectionne une valeur pour chaque composante. On visualise le résultat, et on peut itérer le processus jusqu'à satisfaction.

Les opérations de seuil sur couleur, obligent à définir des relations entre les couleurs. S'il est facile de concevoir ce qu'est un niveau de gris inférieur à un autre, que veut dire une couleur inférieure à une autre? Comment définir des couleurs voisines d'une couleur donnée (exemple la couleur c est définie par r niveau de rouge, v niveau de vert, b niveau de bleu)? Doit-on considérer de petits intervalles de variation autour de la valeur de chaque composante ($r \pm \epsilon$, $v \pm \epsilon$, $b \pm \epsilon$)? Ou doit-on considérer que chaque fondamentale intervient dans la même proportion dans la couleur résultat ($k \cdot r$, $k \cdot v$, $k \cdot b$, k est un coefficient quelconque)? La première solution permet d'obtenir des nuances voisines. La deuxième solution permet à une même couleur de varier en intensité, depuis le noir (absence de couleur) jusqu'à saturation complète et intensité maximale.

Niveau de gris

Cet objet élémentaire possède les opérations définies sur le type entier réduit à un intervalle de valeurs possibles. Ces limites sont imposées par la technologie d'implantation. Des restrictions sont liées aux dépassements de l'intervalle de définition. Les opérations ne sont pas mises à la disposition de l'utilisateur mais elles interviennent dans la définition de macro-fonctions.

Binaire

Il en est de même pour ce type d'objet correspondant à un sous ensemble des fonctions définies sur les booléens.

Chaîne de caractères

Pour permettre la désignation de certains objets, les fonctions sont celles classiquement définies.

Fenêtre

L'opération de création CV-FEN est spécifique à l'outil interactif de saisie utilisé (tablette graphique, photostyle, souris...) et doit permettre la sélection du point de fixation, puis la détermination de la taille du cadre en proposant éventuellement une suite de dessins temporaires de ce cadre, correspondant aux différents déplacements de l'outil de désignation. L'utilisateur du logiciel termine par une validation lorsqu'il est satisfait. Il doit avoir la possibilité d'annuler l'opération.

Dans le cas où il n'existerait pas de tels outils, ils devraient alors être créés par logiciel en utilisant des touches de déplacement du clavier.

Cette opération est la seule mise à la disposition de l'utilisateur.

Pendant toute la phase de création de l'objet, les valeurs en mémoire image ne doivent pas être modifiées. Il y a sauvegarde systématique. L'encombrement lié à ces sauvegarde oblige à la destruction de la forme visuelle de la fenêtre (en mémoire image), après la validation.

Les opérations d'observation

correspondent à un prédicat d'inclusion d'une fenêtre dans un cadre donné (F-DANS-C), nécessaire pour permettre de définir comment exécuter une sélection si la fenêtre définie dépasse la taille de l'image. Cela est lié au fait qu'on n'autorise pas de valeurs indéfinies dans une image.

Les opérations de modification

se réduisent à la réduction de la taille d'une fenêtre lorsque celle-ci n'est pas entièrement définie dans un cadre.

Certaines opérations auxiliaires touchent plusieurs objets et il est assez difficile de savoir où elles doivent être définies. C'est le cas par exemple du résultat du "coloriage" d'une fenêtre, l'objet résultat est la création d'une image dont tous les pixels ont la même valeur. En réalité la fenêtre est définie sur le système vidéo, souvent en overlay, et la valorisation par coloriage peut se faire à deux niveaux, soit au niveau de l'overlay, encore faut-il savoir quelles sont les possibilités de coloriage des plans overlays, soit on considère que les valuations se passent en mémoire image pour toutes les positions internes à la fenêtre, cela revient alors à une incrustation d'un objet de forme rectangulaire, et de valeur constante, dans ce cas on rejoint les fonctions de modification de l'image et non plus les fonctions concernant la fenêtre.

Dimension

Ce sont les opérations définies sur un objet qu'on appelle parfois cadre, qui correspond à la taille d'une image, celle d'une fenêtre.. et l'opération fondamentale définie est un prédicat d'appartenance d'une position quelconque à ce système de référence (P-DANS-C).

Cet objet est nécessaire à la définition des objets comme position suivante d'une position donnée, positions voisines d'une position donnée...

Contour

Cet objet est une LISTE ordonnée de positions voisines, défini interactivement dans notre application, et sur lequel l'opération essentielle est d'obtenir à partir de cette liste de positions et dans le cas où le contour est fermé, la matrice des positions internes à ce contour (INTERIEUR). Cet objet, de type graphique est défini dans d'autres applications (logiciels de saisie interactive). C'est un objet qui permet une sélection. Sa durée de vie est limitée.

Position

Les définitions sur le type position ne peuvent être explicitées sous une forme algorithmique qu'à partir du moment où on a effectué un choix de représentation de l'image. L'image en mémoire image a une forme matricielle, et l'accès à un point quelconque s'effectue par un double accès abscisse, ordonnée. Si l'image est placée en mémoire centrale, elle peut garder un semblant de topologie matricielle, le langage se charge alors de faire la traduction entre les représentations logiques et réelles. L'informaticien peut aussi souhaiter pour un problème d'amélioration des performances de calcul, gérer lui-même les accès en utilisant par exemple des pointeurs. Le problème ne se pose pas en mémoire secondaire pour le moment puisqu'on ne peut accéder qu'à des images et non pas des parties d'images. Il demeure la nécessité de définir plusieurs types d'opérations sur l'objet position

des opérations de TRANSLATION, voire même de rotation
des opérations permettant de définir la position SUIVANTE d'une position donnée
des opérations permettant de définir les positions VOISINES d'une position donnée.
Suivant les modes de représentation, les formes algorithmiques de définition des fonctions seront différentes, mais les propriétés resteront identiques.

5.6 – FORMALISATION ET STRUCTURATION DES DONNEES

La spécification formelle est la phase de définition des types abstraits soit par invariants, pré et post-conditions (qualifiée d'axiomatique ou opérationnelle), soit grâce à une spécification algébrique (description des types de données en termes d'algèbre, c'est à dire d'ensembles d'objets et d'opérations ou de relations entre ces objets).

On parle de types abstraits dans le sens où on ne s'interroge pas sur les choix de représentation ou d'implantation des objets.

Le principal avantage de la spécification formelle est, d'après Dufourd [DUFOURD 1985], une «évolution dans un cadre extrêmement rigoureux permettant une approche MODULAIRE et hiérarchisée des données ».

C'est tout d'abord la structuration des données en types D'OBJETS et la définition de chaque type en terme D'OPERATIONS autorisées sur ce type. Les opérations peuvent se regrouper en différentes classes:

- les opérations de construction
- les opérations d'observation
- les opérations de modification
- les opérations de test (appartenance..)

Cela permet une modularité des données et des programmes nécessaire en programmation structurée.

Généricité des objets

C'est la génération de types paramétrés eux-mêmes par d'autres types grâce à l'utilisation de types génériques, reposant sur un noyau simple de types connus et de constructeurs de types définis dans un cadre de spécification algébrique [CHABRIER 1982].

Indépendance des différents niveaux de conception et de réalisation.

C'est séparer la partie définition des données de leur réalisation, ce qui permet une indépendance vis à vis de l'exécution, par l'introduction d'un niveau D'ABSTRACTION entraînant l'indépendance entre les deux parties conception et réalisation, de cela découlent les propriétés d'extensibilité et de portabilité du système. C'est donc une

documentation de référence précise et rigoureuse facilitant la maintenance.

L'abstraction doit permettre l'écriture de programmes utilisant des types de données complètement indépendants des textes réalisant ces types. Cela correspond à une insensibilité des programmes vis-à-vis de la représentation. Cela impose la création d'une nouvelle phase appelée "phase de connexion", correspondant à la détermination avant chaque exécution, du type d'implantation choisi. Les différentes représentations possibles du même type d'objet, sont réalisées au sein de "capsules", les modules réalisent les fonctions suivant une implantation sur une machine donnée.

La spécification formelle doit permettre des vérifications formelles appelées preuves.

Enfin la spécification formelle permet de tenir le rôle de cahier des charges entre concepteur et réalisateur.

La spécification algébrique

Elle précise les données et les opérations non pas en terme d'algorithmes mais en termes de propriétés décrites sous forme d'équations soumises parfois à des préconditions.

Les objectifs sont la cohérence de la spécification traduite par des propriétés de complétude, aucun des aspects n'est oublié, et de consistance, il n'existe pas de contradiction. Ceci permet la preuve de théorèmes.

La spécification formelle des objets manipulés dans l'éditeur d'images constitue l'annexe 1. Les types d'objets élémentaires peuvent se combiner pour créer des objets plus complexes suivant le schéma proposé (schéma 4).

5.7 – MAQUETTE

La maquette a été réalisée sur le poste de travail (schéma 5) constitué par

- un ordinateur SPS 7 à base de processeurs 68000 (BULL) fonctionnant sous le système SMX 5.1
- une mémoire d'image COLORIX90 (TITN)
- une tablette graphique BITPAD (Summagraphics)
- les images étaient visualisées sur un terminal vidéo CONRAC modèle 7111 de résolution 1024x768, relié à la mémoire d'image par une connexion RVB+Synchro.

Cette maquette doit être complétée par une mémoire de masse constituée par un disque optique numérique. Le système de visualisation doit être amélioré par un terminal vidéo haute résolution. Un système de saisie d'images couleurs par caméra doit compléter l'ensemble.

5.7.1 – Présentation du logiciel

L'interactivité du logiciel doit être augmentée par l'utilisation d'outils de désignation plus performants: Bitmap Numélec accompagné d'une souris (le bitmap Numélec est un écran graphique haute résolution). Ils éviteront le mode de travail sous forme de menus hiérarchisés où la sélection d'une fonction correspond au choix d'un code numérique introduit au clavier. C'est actuellement le mode de travail de l'éditeur. La présentation des différentes fonctionnalités de l'éditeur doit bénéficier du système de gestion dynamique de fenêtres sur la console Numélec. Elle doit s'éclaircir grâce à l'utilisation d'icônes adaptées facilement identifiables. Le logiciel ASH (A Screen Handler), sous-ensemble du logiciel BWE (Brown Workstation Environnement) doit permettre la réalisation de l'interface de présentation de l'éditeur d'images. Ce logiciel a été écrit par un groupe de chercheurs du Department of Computer Science (Brown University, Providence USA). Il regroupe des fonctions de gestion dynamique de fenêtres. Interfacé par VDI, il permet d'attaquer en langage C, les primitives de la bitmap Numélec écrites en assembleur. MAPLE joue le même rôle pour la gestion des entrées et de la souris. BWE possède un ensemble de

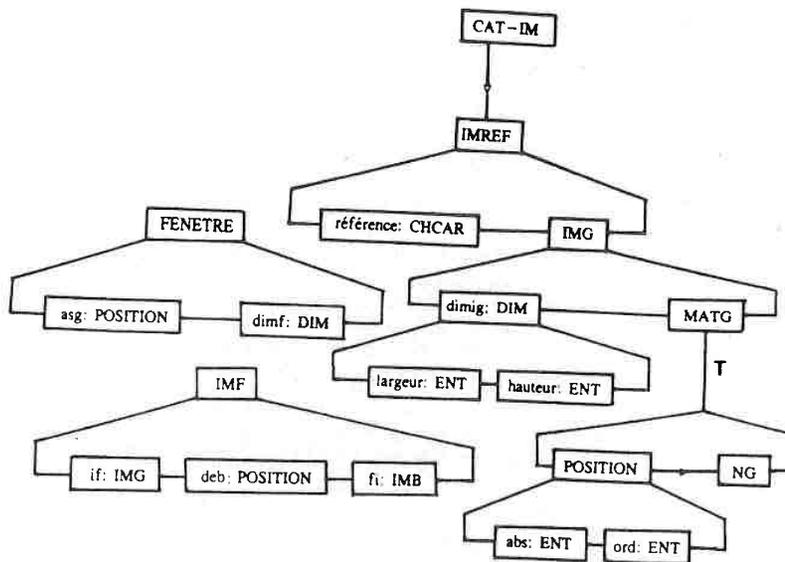


schéma 4 : Hiérarchie des types d'objets

fonctions d'édition graphique assez complet. Il doit être utilisé pour réaliser les différentes icônes qui illustrent les fonctions de l'éditeur d'images.

5.7.1.1 - Gestion des menus

L'écran est divisé en différentes zones qui correspondent à des fenêtres dans le sens ASH du terme: une fenêtre correspond à un bitmap virtuel dont le contenu textuel ou graphique, peut être ou non visualisé de façon complète ou partielle. Les différentes fenêtres constituent une arborescence dont la racine est l'écran tout entier au moment de l'initialisation du système.

Chaque fenêtre peut donner naissance à son tour à des fenêtres *filles*. Une fenêtre peut être ouverte à condition que la fenêtre *mère* ait été activée. Après utilisation, elle se referme suivant le principe des menus déroulants. L'écran retrouve son état antérieur.

Pour augmenter l'ergonomie du système, les différentes fenêtres de même type doivent occuper le même emplacement sur l'écran. Il doit être possible de visualiser simultanément une partie des différentes fenêtres ouvertes à un moment donné, pour peu que celles-ci ne soient pas de même type.

Au départ, on peut considérer que l'écran se divise en deux parties suivant le degré de disponibilité des fonctionnalités qu'elles contiennent.

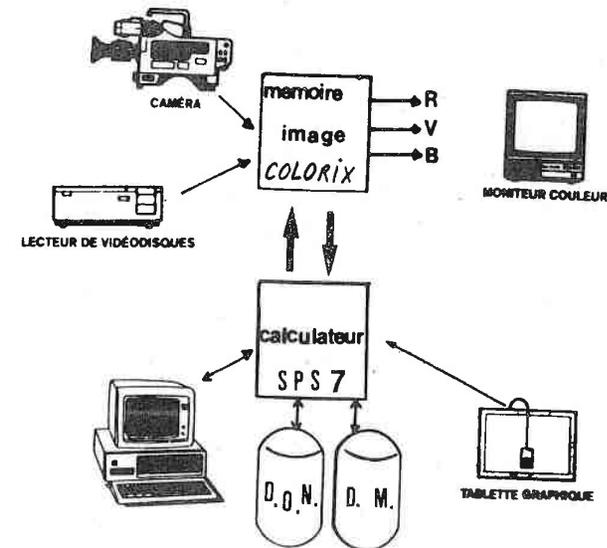


schéma 5 : Poste de travail

La boîte à outils.

- Elle correspond à un ensemble de fonctions disponibles à chaque instant
- pour *voir* une image filtrée, voir une image sans filtre, voir plus grand pour sélectionner plus facilement, modifier ou déplacer la zone de visualisation
- pour *désigner*: création d'un curseur pour l'utilisation de la tablette graphique, création d'une mire pour sélectionner une couleur, création d'une zone de travail à l'aide d'une fenêtre
- pour faire une *sauvegarde temporaire* dans une zone de la mémoire image suivant les contraintes imposées par le logiciel
- *restituer* la dernière sauvegarde temporaire demandée par l'utilisateur.

Le menu

C'est au départ le menu principal, mais après sélection c'est le menu courant qui correspond à un éventail de fonctionnalités judicieusement regroupées. Le menu principal différencie les groupes suivants:

- les fonctions d'acquisition et de restitution
- les fonctions de sauvegarde définitives
- les fonctions d'initialisation
- les fonctions d'incrustation
- les fonctions de sélection
- les fonctions de modification
- les fonctions de transformation.

Chaque groupe de fonctions correspond à un choix possible qui se présente après sélection dans une nouvelle fenêtre. Celle-ci vient occuper l'espace de l'écran

correspondant à la fenêtre *mère*. Le processus peut se ré-itérer selon le degré de complexité des propositions faites.

En plus de ces choix, chaque fenêtre doit comporter la possibilité de demander de l'aide et celle d'abandonner la fenêtre courante pour remonter dans la fenêtre *mère*. Il serait souhaitable que le logiciel offre à tout moment la possibilité d'abandonner le travail en cours et qu'il referme toutes les fenêtres ouvertes.

5.7.1.2 - D'autres fenêtres

Trois autres types de fenêtres peuvent être définis. Ils répondent aux besoins de saisie, d'erreur et d'aide. Si pour chaque type de fenêtre, l'emplacement reste identique, le contenu diffère suivant l'endroit d'où elle est appelée.

Saisie de valeur alphanumérique

Cette fenêtre n'est pas définie de façon statique. Elle est créée à chaque fois que la réalisation d'une fonction nécessite l'introduction d'une (ou plusieurs) donnée(s) alphanumérique(s). Elle correspond donc à l'affichage de texte permettant à l'utilisateur de savoir clairement ce que le logiciel attend de lui. Elle peut être la mère d'une fenêtre erreur de saisie.

Erreur

Ce type de fenêtre correspond à l'affichage de messages issus du logiciel. Elle se referme lorsque l'utilisateur signale qu'il en a terminé la lecture.

Aide

Chaque fenêtre doit comporter la possibilité de demander de l'aide.

Au niveau des différents choix de fonctions, ce sont des renseignements complémentaires sur le rôle de chacune et les incidences sur le fonctionnement du logiciel.

Pour chaque type de saisie c'est obtenir des renseignements complémentaires sur le rôle ou les limites des valeurs qu'on doit introduire.

On peut supposer que les messages d'erreur se suffisent à eux-mêmes.

5.7.2 - Description de COLORIX 90

C'est un système graphique couleur, conçu à l'INRIA, pouvant être utilisé comme un poste de travail intelligent en CAO de VLSI, ou bien comme un terminal de visualisation d'images informatiques.

Ses caractéristiques sont

- une mémoire interne de 2 Mo à accès entrelacés (l'utilisation de la mémoire en écriture ou en lecture par le processeur extérieur ne perturbe pas la vidéo)
- trois modes possibles pour l'utilisation de la mémoire interne (mode programme, mode graphique vraie couleur 1, mode graphique fausse couleur 2: schéma 6)
- le temps d'accès moyen en lecture ou en écriture dans la mémoire graphique est de 1 µs pour un pixel
- un registre masque permet de sélectionner les plans actifs en écriture
- une fenêtre de visualisation de 575 lignes de 768 points se découpe dans la mémoire graphique en une ou deux zones indépendantes
- un zoom câblé permet de visualiser instantanément une image dans un rapport de 1 à 16.

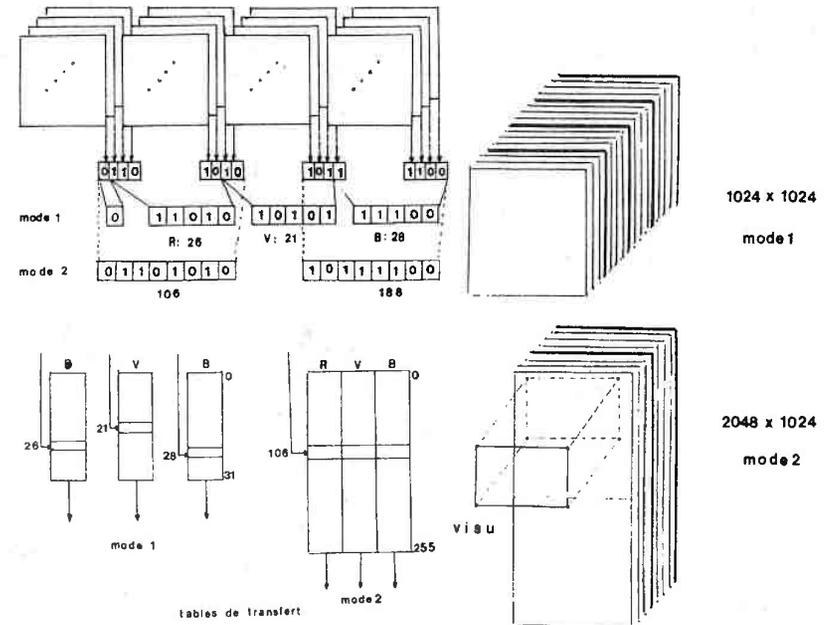


schéma 6 : Modes vraies (1) et fausses couleurs (2)

5.7.3 - Mode vraie couleur

L'éditeur d'images fonctionne avec le mode 16 bits qui est le mode qualifié de "vraie couleur".

Dans ce mode, la mémoire est organisée en 16 plans de 1024x1024 points. L'information couleur est codée sur 15 bits, 5 par couleur fondamentale R V B, le seizième bit pouvant être considéré comme un plan superposable.

La couleur définitive s'obtient par transcodage éventuel pour chaque primaire (R, V, B) et superposition du plan supplémentaire. L'accès aux couleurs est en fait l'accès physique à la mémoire qui réalise cette fonction. On considère qu'il existe 8 pages de 32 octets par composante (schéma 7).

L'utilisation de tables de transfert ne modifie pas les valeurs, mais la visualisation. Dans notre application, nous nous sommes limités à une utilisation des couleurs sans modification à travers les tables de transcodage. C'est pourquoi celle-ci ont été remplies par des fonctions linéaires. L'overlay vue à travers la table 7, est arbitrairement fixée à la couleur blanche. Cette couleur nous a semblé la plus facile à percevoir. La couleur noire correspond à la valeur nulle dans la mémoire (lorsqu'on vide la mémoire image par les fonctions mises à notre disposition par le logiciel de base).

Les fonctions de base

Les fonctions mises à notre disposition par le logiciel de base comportaient des fonctions d'initialisation, quelques fonctions graphiques (position, déplacement du point courant,

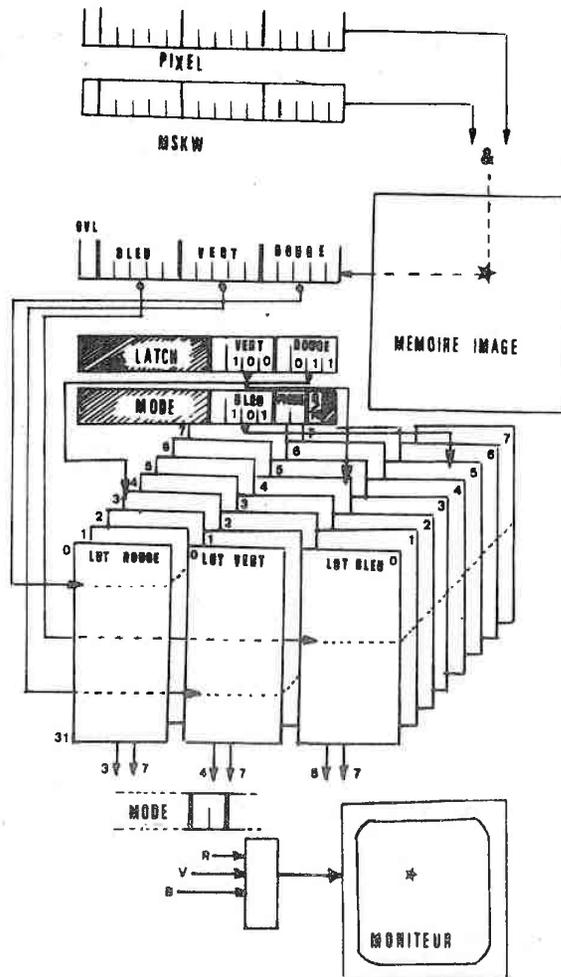


schéma 7 : Fonctionnement de Colorix en mode 16

remplissage d'un rectangle, trace d'un vecteur, définition de la fenêtre de visualisation, accès aux tables de fausses couleurs, zoom, effacement de la mémoire), ainsi que quelques utilitaires de saisie d'images numériques. Il a été nécessaire de compléter ces fonctions élémentaires en intégrant une partie du logiciel de fonctionnement en mode graphique 8 bits, ou en créant des fonctions permettant d'accéder directement dans la mémoire image ou dans les registres particuliers (appelés registre *mode* et registre *latch*). Une partie du

logiciel de base écrit en assembleur a été modifiée pour permettre la coexistence des deux modes de travail 8 et 16 bits.

5.7.4 – Les fonctions réalisées

Cette partie est le descriptif des différentes fonctionnalités de la maquette réalisée. Cette maquette ne reproduit pas l'intégralité des fonctions exposées et se limite aux fonctions particulièrement intéressantes du fait de leur originalité dans ce travail ou de leur difficulté de réalisation. A cette panoplie viennent s'ajouter quelques fonctions nécessaires à la réalisation de la maquette, telles les fonctions d'accès dans la liste des images sélectionnées ou des fonctions de sauvegarde.

Le logiciel, écrit en langage C, a nécessité l'adaptation du logiciel de la tablette graphique aux fonctions de la nouvelle mémoire image.

5.7.4.1 – Les fonctions de sélection dans une image

L'utilisation de fenêtre

La fenêtre est créée en overlay. C'est un objet dont la durée de vie est courte: elle est détruite après utilisation. A cela une raison: les problèmes de sauvegarde. Il est toujours possible de matérialiser cet objet à la demande. Si le besoin se fait sentir il faudra prévoir de conserver ces différentes fenêtres et envisager le problème de leur restitution. Elles sont utilisées pour limiter une zone de travail ou pour sélectionner une partie d'image (intérieur, extérieur).

Les fonctions qui suivent correspondent à la création d'un filtre. On marque les différents pixels sélectionnés en overlay.

Le seuillage

Si un seuil est facile à déterminer en niveaux de gris, en couleurs il faut définir ce qu'on appelle couleur voisine, inférieure ou supérieure. Il nous a semblé préférable de donner la possibilité de sélectionner plusieurs valeurs lues dans une même image. Il suffit de désigner un pixel et on sélectionne l'ensemble des pixels de l'image qui ont la valeur désignée. Cette opération peut se répéter autant de fois qu'on le souhaite.

Le "détourage"

La détermination d'un contour se fait en utilisant la tablette graphique. Le logiciel d'utilisation de la tablette en donne une forme structurée qui est surtout exploitée pour permettre à l'utilisateur d'incruster une ligne de forme quelconque dans l'image. Pour sélectionner l'intérieur d'une forme quelconque, on utilise un algorithme qui exploite la forme matricielle de la mémoire d'image (Algorithme de Smith [HEGRON 1985]).

La détermination d'une région de l'image interne à une courbe tracée en overlay, fait appel à la création d'un objet particulier, classiquement appelé clôture, qui permet de limiter l'espace de travail où se fait le calcul. Cet objet de type identique aux fenêtres déjà définies est un objet global qui n'est pas matérialisé sur l'écran de façon permanente.

5.7.4.2 – Les fonctions d'incrutation

Graphique dans image.

Ce sont les fonctions de base du logiciel, légèrement adaptées au mode 16 bits (cercle, disque, trait, point, surface rectangulaire), auxquelles nous avons ajouté le dessin d'un rectangle ou d'un polygone. Nous avons permis l'incrutation d'un contour de forme quelconque dessiné en overlay (pour permettre les modifications), ainsi que l'incrutation d'une zone de la mémoire image marquée en overlay.

Texte sur image.

Le texte est de longueur quelconque; il faudrait adjoindre la possibilité d'utiliser des marqueurs (".", "a", "o", "x"...).

Image sur image.

Une image est prise sous sa forme "raster", c'est une matrice de valeurs. Les incrustations sont des modifications des valeurs de certaines positions de l'image de départ, considérée comme un "fond". Un premier mode d'écriture concerne une image recopiée intégralement sur une autre. C'est la fonction COPIER. Nous avons adapté la fonction "raster" du logiciel de base en mode 8 bits au vu de ses performances.

L'écriture position par position est très coûteuse en temps de traitement mais inévitable dans le cas d'écriture conditionnelle: incrustation d'objets (images filtrées).

5.7.4.3 - Les fonctions de désignation**Recherche dans un ensemble d'images.**

Les images sont stockées dans des fichiers.

Désignation d'objets dans une image.

Une zone dans une image est repérée temporairement par la définition d'une fenêtre.

Le logiciel de la tablette graphique gère un curseur, qui s'inscrit en overlay, sans destruction de la mémoire image, et qui permet de désigner un pixel pour obtenir une position ou une valeur.

Le problème essentiel, si on ne tient pas compte des caprices de la tablette, est celui de la précision de la désignation: la taille du curseur (en croix 10x10 pixels), ne permet pas de discerner facilement un pixel de son voisin.

Un autre problème est lié au logiciel de la tablette qu'il faudrait modifier: le curseur ne s'écrit que suivant une couleur possible. Il est impossible de voir le curseur lorsque l'overlay est déjà marquée. Il faudrait inverser la couleur du curseur quand il rencontre des zones où l'overlay est active. C'est à dire réaliser l'écriture du curseur comme un "ou" exclusif entre overlay et curseur, et non comme un "ou" logique.

La désignation d'une couleur se fait en utilisant une mire. Les composantes sont fixées de manière totalement arbitraire à huit valeurs possibles, soit 8x8x8 couleurs possibles alors qu'on peut définir 2¹⁵ couleurs possibles, même si on ne les différencie pas à l'oeil. L'utilisateur dispose de fonctions qui lui permettent de choisir n'importe quelle couleur parmi 2¹⁵, mais ce choix ne se fait plus à l'aide de la tablette. On communique les données au clavier.

5.7.4.4 - Sauvegarde et restauration.

Sauvegarder une partie de la mémoire image permet de rendre les opérations réversibles. Certaines de ces opérations ne sont pas nées de la volonté de l'utilisateur mais correspondent à la création d'objets intermédiaires (fenêtre, curseur, mire...). Dans ce cas, l'utilisateur ne doit pas être pénalisé et c'est au système de gérer lui-même les sauvegardes (et les restaurations) nécessaires.

Les paragraphes suivants abordent les problèmes de sauvegarde et de restauration liés à l'utilisation volontaire de fonctions qui modifient le contenu des images.

Sauvegarde d'images résultats**Temporaire:**

C'est une utilisation par le système de certaines références qui lui sont propres afin de conserver pendant un délai assez court certaines informations nécessaires à une restauration ultérieure, et ceci sans que l'utilisateur soit obligé de gérer les objets. Le problème est de définir combien de temps et où conserver ces sauvegardes temporaires.

Le délai de sauvegarde ne se mesure pas en secondes mais en nombre d'opérations qui existent entre deux sauvegardes. A priori on peut envisager une sauvegarde lorsqu'on appelle une opération.

Le problème de l'endroit où se font les sauvegardes est plus aigu. Si l'image est de taille inférieure à 512x512 on peut utiliser la mémoire image. On sauvegarde une image dans une partie de la mémoire image différente de celle où se passe la transformation, de manière à ce que celle-ci soit réversible très rapidement. Une sauvegarde sur fichier d'une image 512x512 demande 1mn 10, sa restitution 40 secondes. Un transfert entre deux endroits de la mémoire image dure 5 secondes.

Imposer ces sauvegardes systématiques diminue les performances du logiciel de façon importante et oblige à limiter de la taille des images aux dimensions de 512x512. C'est pourquoi le logiciel n'impose pas ces sauvegardes. Il en laisse la gestion à l'utilisateur.

Définitive:

Elle relève d'une gestion du catalogue et d'écriture des valeurs lues en mémoire image dans une mémoire secondaire (disque optique numérique).

La restauration

Elle se fait automatiquement lors de la création d'objets intermédiaires, telle la fenêtre ou le curseur. Elle est laissée à la volonté de l'utilisateur dans tous les autres cas et pour pouvoir se faire elle doit être précédée d'une sauvegarde.

Sauvegarde et restauration lors de l'utilisation de la tablette graphique

L'utilisateur peut incruster une forme quelconque obtenue à partir de la tablette. Le logiciel de la tablette ne prévoit pas de sauvegarde lorsqu'on crée un tracé. La raison est l'existence d'irrégularités dans le tracé. On utilise des algorithmes d'échantillonnage, qui "lissent" le tracé en une suite de vecteurs. Il est impossible de prévoir ce qui doit être sauvegardé. Il nous a semblé inconcevable d'obliger l'utilisateur à faire des sauvegardes fréquentes de l'image de départ, avant chaque modification de son dessin, selon son souhait ou parce que la tablette s'est manifestée. La solution est de tracer ce dessin de la même façon qu'un contour, en overlay, ce qui permet les modifications. Puis l'incrustation a lieu après la validation du dessin.

5.7.4.5 - La visualisation

Il faut rappeler que les images créées à l'aide de l'illustrateur peuvent être "vues" à travers certains artifices dans leur phase de création, pour faciliter la tâche de l'auteur. Ce sont des phénomènes transitoires qui devront être traduits en modifications dans la mémoire image, si la nécessité s'en fait sentir, afin d'assurer leur pérennité. Le registre *mode* permet de sélectionner le mode de visualisation sur le moniteur. Couplé au registre *latch*, il permet en plus d'inhiber sélectivement une ou plusieurs des trois composantes vidéo rouge, verte ou bleue.

La mémoire image est d'une taille supérieure à la taille de l'image visualisée sur un écran classique, d'où la nécessité de définir des fonctions de modification de la fenêtre de visualisation (taille ou emplacement). La possibilité de visualiser simultanément deux zones indépendantes de la mémoire image n'a pas été exploitée.

Le résultat de la visualisation est une combinaison complexe de ce que contient la mémoire image et des différentes possibilités de modification de couleurs grâce aux tables de transfert, au mode de visualisation... Le zoom fourni dans le logiciel de base n'est qu'une visualisation en zoom mais ne modifie en rien le contenu de la mémoire image.

Il existe dans Colorix un masque *flush*, utilisable en mode 8 bits seulement (dans le logiciel de base), qui doit pouvoir être utilisé à des fins de visualisation et d'effets spéciaux. Il n'a pas été exploité car il ne semblait pas de première importance.

5.7.4.6 – Les autorisations d'écriture

Dans l'espace de la mémoire image, on peut définir une fonction qui permet de définir ou de modifier la taille de l'espace où on autorise les modifications (offset d'écriture ou clôture). La lecture est toujours possible. Le registre d'écriture-pixel (appelé *fill*) permet l'écriture sélective des pixels.

Dans la profondeur de la mémoire image, on peut définir des plans où sont autorisées les écritures. Le registre *mskw* permet de sélectionner les plans actifs. Cette possibilité est largement utilisée lors de la création des objets intermédiaires (fenêtre, contour, curseur...). C'est une écriture sélective globale qui permet de "filtrer" certaines composantes couleur dont il faut se méfier. On ne peut pas utiliser cette fonction pour filtrer des couleurs: sélectionner une valeur rouge permet l'écriture de tous les points dont la composante rouge est validée (c'est-à-dire tous les points jaunes, violets... qui ont aussi une composante rouge), mais pas uniquement les points qui ont la valeur considérée.

Chapitre 6

CONCLUSIONS

La réalisation de ce travail a suscité des réflexions exposées dans les paragraphes qui suivent. Elles sont de trois ordres:

- . La réalisation d'un poste auteur, reconnue nécessaire par tous les enseignants rencontrés, impose des investissements importants plus particulièrement en temps de travail. Ces contraintes découragent parfois les enseignants qui ne perçoivent pas la nécessité d'une formalisation de leurs objectifs et qui restent sensibles à une finalité à court terme.
- . L'utilisation de l'image en EAO résoud certains problèmes, mais si elle élargit les champs d'application de l'EAO, elle est parfois récusée par certains enseignants.
- . Enfin la maquette possède tous les défauts des prototypes. Elle demande à être utilisée pour tester son ergonomie et voir si nous avons bien répondu aux demandes des utilisateurs potentiels.

6.1 – Les problèmes de l'EAO

Il faut compter un mois et demi de travail pour quelques heures d'enseignement par ordinateur. La lourdeur des systèmes auteurs actuels décourage les enseignants souhaitant créer des didacticiels. La description de tous les cas possibles est longue et complexe, en réalité on en oublie toujours.

La solution réside dans la création d'ateliers de production de didacticiels (solution "lourde") où la cohabitation des informaticiens et des enseignants soulage les uns de la nécessité d'une certaine compétence dans le domaine des autres. Dans cet environnement lourd se situent les systèmes vidéo divers permettant de travailler sur l'image fixe ou animée.

L'informatique passionne beaucoup d'enseignants qui souhaitent intervenir autrement que dans le rôle d'assistant de l'ordinateur (mettre en route les appareils et surveiller leur bon fonctionnement). S'impose donc l'EAO léger, c'est à dire la facilité offerte à un enseignant de développer rapidement un cours limité à des objectifs précis. Ce type d'EAO correspond à la préparation d'un cours de la même façon qu'elle est réalisée actuellement, avec une durée semblable. L'investissement en temps pour maîtriser le fonctionnement du système auteur doit être réduit au minimum.

Si la solution d'ateliers de didacticiels impose une localisation regroupée des différentes

ressources humaines et matérielles, l'EAO sous sa forme légère peut aussi bénéficier du développement des réseaux. Un centre serveur gère les accès des différents utilisateurs au système auteur.

6.2 - L'adjonction de l'image en EAO

L'adjonction de l'image impose l'utilisation de matériels spécifiques. L'image est un nouvel outil pédagogique informatique. Elle est parfois remise en question par les enseignants.

6.2.1 - Les différents postes de travail

Le poste auteur

L'introduction de l'image vient alourdir le matériel nécessaire à la réalisation du poste auteur en imposant de nouveaux outils permettant la saisie (caméra), le traitement (mémoire d'image) et le stockage des images (disque optique numérique).

Le poste utilisateur

L'intégration de l'image dans les didacticiels impose un terminal de visualisation de l'image en supplément de celui correspondant aux échanges entre l'élève et l'ordinateur. La diffusion de l'image doit se faire parallèlement à celle du didacticiel à l'aide de matériels spécifiques (lecteur de vidéodisque ou réseaux spécialisés).

L'utilisation de réseaux cablés apportera sans doute une solution aux problèmes, mais le retard pris dans les réalisations des différents projets PTT, ne permet pas un optimisme délirant. D'autant plus que les prévisions budgétaires de telles installations sont largement dépassées. Les réalisations existantes sont pourtant bien séduisantes (La Villette, Vélizy..).

6.2.2 - Les restrictions des enseignants

Les erreurs induites par l'informatique

Elles sont liées à la précision des outils de désignation, à la définition de zones où la réponse est considérée comme correcte.

La taille de l'objet désigné est parfois voisine de celle de l'objet qui sert à désigner. La précision est alors insuffisante. Une solution peut consister à imposer un rapport minimal de taille entre désigné et désignant.

Des objets voisins en réalité sur une image correspondent à des zones de réponse contiguës qui ne peuvent se recouper. Les limites de ces zones ne correspondent pas toujours au contour de l'objet.

Ces erreurs se trouvent dans un didacticiel de biologie. Il y a confusion entre clavicule et thyroïde sur une image d'écorché: la précision du crayon optique ne permet pas de désigner correctement les entités, c'est-à-dire, pointer le crayon sur ce qu'on voit. La différenciation des deux zones de réponse implique la désignation d'une zone externe au dessin, ce qui est inadmissible.

La banalisation

Dans certains cas précis d'enseignement des sciences expérimentales, la banalisation des gestes traduits par l'informatique et l'inconséquence des actions font que ce mode de transmission des connaissances est parfois récusé par les enseignants. L'intégration de l'image dans les didacticiels relevant des sciences expérimentales élargit leur domaine d'utilisation. A priori, on ne limite pas le nombre de fois où l'élève exécute le didacticiel. Cette possibilité est un avantage dans le cas de fausses manoeuvres. Certains enseignants objectent la déresponsabilisation des élèves. Permettre à des élèves la répétition des

expériences diminue l'intérêt pédagogique (expérimentation sur la grenouille).

En fait le problème est qu'une expérience ne se limite pas aux seuls phénomènes visuels mais à des informations diversement perçues, réalisant autour de l'expérience un domaine cognitif important.

L'information banalise la formation: la diffusion massive d'images (journaux, télévision, publicité..) insensibilise les élèves aux apports de l'image lorsqu'elle est utilisée dans l'enseignement. Ils ont l'impression d'avoir déjà vu ce qu'on leur montre dans certaines émissions. Contrairement à ce qu'on peut penser, la répétition de la vision de phénomènes identiques n'incruste pas les connaissances, mais provoque un désintéressement. La vision reste superficielle, elle n'a plus l'impact initial.

Les problèmes de diffusion

La difficulté d'utilisation de l'image réside dans un problème de normalisation. Normalisation du procédé de diffusion (NTSC aux USA, PAL en Grande Bretagne et en Belgique, SECAM en France..), des protocoles de transmission des informations sur réseaux (Minitel en France, Prestel en Angleterre, Bildschirmtext en Allemagne... et ceci en Europe !!), des procédés de réalisation (vidéodisques, magnétoscopes..). L'image coûte cher et seule une utilisation massive des sources iconographiques permet d'espérer la diminution des prix de revient. A travers le projet DELTA la CEE cherche à fixer des règles de normalisation.

Les droits d'utiliser l'image

Ce point, même s'il n'est pas résolu, doit être évoqué. Donner la possibilité de modifier une image, c'est faire atteinte aux droits des auteurs de protéger leur travail. Si en EAO, on peut espérer que l'utilisation des sources iconographiques reste moralement irréprochable, il existe néanmoins à définir un droit de propriété concernant les nouveaux objets créés.

6.3 - LES LIMITES DE L'EDITEUR

Le poste de travail

Sous sa forme actuelle, il n'est pas très ergonomique: double entrée des informations (tablette, clavier), double sortie d'informations (console et terminal vidéo).

L'intégration d'une souris comme outil de sélection dans les menus proposés par l'éditeur, multipliera les formes de saisie. Ce point n'est pas incompatible avec l'encombrement classique des tables de travail des dessinateurs.

Il semble difficile de diminuer la complexité de ce poste et c'est pourquoi il faut être particulièrement vigilant à la présentation des différents constituants: le voisinage de deux écrans de qualité et de luminosité différentes augmente très sensiblement la fatigue oculaire.

Les fonctionnalités

L'accès aux différentes fonctions par l'enchaînement de menus hiérarchisés est une contrainte. Le poste doit intégrer des outils de présentation et de sélection des fonctions, plus agréables (icônes, gestion de l'écran en fenêtres..).

Les objets de l'éditeur

Certains sont mal définis car peu utilisés ou les définitions diffèrent suivant la littérature (une fenêtre est classiquement définie en traitement d'image par son point de fixation et ses dimensions, dans d'autres sources, elle est définie par deux points diagonalement opposés).

Les choix de réalisation

Ils ont été guidés par deux critères: interactivité et encombrement. L'interactivité impose des délais de réponse de l'ordre de la minute. Sur ce point, la réalisation est très

satisfaisante puisque le traitement le plus complexe (pixel par pixel) sur une image 512x512 dure 2 minutes. Les problèmes d'encombrement mémoire nous ont obligés à limiter les sauvegardes, ce qui n'était pas sans incidences sur les choix de réalisation (dessin d'un tracé quelconque, durée des objets temporaires...). L'utilisation de mémoires secondaires d'accès rapide (disque optique numérique) auraient résolu ces problèmes.

Ces différentes améliorations sont en cours. Elles seront suivies par une phase de test auprès des enseignants et plus directement par la réalisation d'images qui doivent s'intégrer à un didacticiel dont le sujet est l'enseignement de l'informatique. C'est à ce moment que nous pourrions savoir si les objectifs de ce travail ont été pleinement réalisés.

6.4 - L'ORIENTATION DES TRAVAUX

6.4.1 - L'avenir de l'image

Sans quitter le domaine de l'image fixe, il nous a paru intéressant de terminer ce travail sur les possibilités d'avenir de l'image.

L'étude de phénomènes nécessitant les trois dimensions ne peut se faire actuellement que par l'utilisation de films montrant séquentiellement différentes vues de ce phénomène. Différents processus ont été mis en oeuvre pour essayer de restituer la perception tridimensionnelle. Il faut être conscient que notre oeil est un capteur à deux dimensions, et que c'est la combinaison des deux yeux qui permet la perception tridimensionnelle et la notion de profondeur.

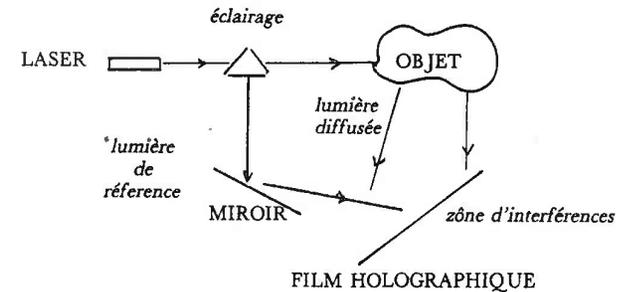
Nous nous sommes penchés sur les différentes techniques qui permettent de conserver la vision binoculaire et la perception tridimensionnelle. Plutôt que de techniques, il s'agit bien souvent d'artifices qui cherchent à restaurer cette perception à partir d'images planaires. Une seule orientation nous a semblée digne d'intérêt malgré les difficultés de réalisation et de restauration qui limitent son champ d'application: l'holographie. C'est pourquoi nous en rappelons brièvement les principes dans le paragraphe qui suit.

L'holographie

(d'après une notice technique de L'Institut Franco-Allemand de recherches de Saint-Louis)

Cette technique utilise les propriétés de cohérence de la lumière laser, sa cohérence temporelle: monochromatisme (une seule longueur d'onde), et spatiale: la divergence du faisceau est faible (de l'ordre de 1mm par mètre). L'holographie est l'enregistrement sur une plaque ou film holographique des interférences provenant de la combinaison de deux sources lumineuses. La première provient de la lumière diffusée par la scène éclairée par un faisceau laser, et la deuxième est issue directement du même faisceau laser et sert donc de référence. L'information sur le relief provient de ce que la lumière laser qui éclaire la scène met plus ou moins de temps suivant la distance à parcourir: la phase de l'onde diffusée varie proportionnellement et le phénomène d'interférence est modulé en intensité. L'image tridimensionnelle est restituée quand le film, après avoir subi un traitement pour le développer semblable à tout autre film photographique, est éclairé par un faisceau de lumière laser identique à celui de référence lors de la saisie des images.

Suivant ce principe chaque point de la scène renvoie de la lumière vers le film holographique, et CHAQUE POINT du FILM reçoit de la lumière provenant de TOUTE la SCÈNE. C'est pourquoi une petite surface du film suffit à produire l'image holographique dans sa totalité.



Les limites:

L'image holographique est vue dans l'espace, à la place occupée par la scène lors de l'enregistrement, l'hologramme comme une fenêtre limite l'angle de vue et la possibilité de tourner autour de l'objet.

Le procédé est limité actuellement à une seule couleur et l'utilisation de plusieurs couleurs complique de façon importante le montage.

Les domaines d'applications actuels sont:

- . l'étude des vibrations d'organes mécaniques ou biologiques internes,
- . la ciné-holographie,
- . les contrôles non destructifs de matériaux et de structures de grandes dimensions,
- . les cartes de déformations,
- . l'étude de la granulométrie des brouillards givrants en aéronautique,
- . celle des traces de particules dans les mémoires à bulle,
- . l'étude des traces de pulvérisation de carburants.

6.4.2 - L'intégration son-image

L'utilisation de vidéodisque combinant image et son n'est idéale que lorsqu'on utilise le vidéodisque en mode animation car la vitesse de rotation est compatible avec l'utilisation de la piste son. Que devient le son lorsque le vidéodisque est utilisé en images fixes? Il faut prévoir un autre système de restitution du son et par suite augmenter la complexité du poste utilisateur (compact-disques).

Actuellement il faut différencier l'utilisation "animée", séquences d'images quasi-identiques (type film), de l'animation d'images par des processus de reconstruction d'images fixes à partir de leurs différentes composantes (fond de l'image puis maisons, voitures, personnages...). Ce deuxième type d'animation permet aussi d'intégrer le son puisqu'on exécute en mode partagé les fichiers objets-images et son. Si l'utilisation du son apporte un plus, il faut remarquer que cette utilisation est difficilement compatible avec un enseignement en groupe. L'utilisation de casques ou écouteurs quelconques s'impose, et là encore les études menées par les médecins ORL ont démontré le côté néfaste de tels appareils, pour une bonne conservation des facultés auditives.

L'EAO sonore et imagé rendrait les élèves sourds et aveugles? Pas vraiment mais il faut rester sensible aux problèmes de confort matériel et d'amélioration de la qualité des appareils.

Annexe 1

TYPES ABSTRAITS D'IMAGES

1.1 – RAPPELS (d'après N.LEVY)

1.1.1 – Les types de base

Ce sont les types élémentaires suivants: ENTIERs, BOOLEENS, CAR(actère), CHCAR (chaîne de caractères), ENTREL (entiers relatifs), ENTDEC (nombres décimaux), sur lesquels sont définies les opérations habituelles.

Dans la suite on utilise TYPE1, TYPE2...: ce sont des paramètres formels sur lesquels sont définies les opérations INDEF et EQ?, avec pour profil

INDEF: TYPE_i – et
EQ?: BOOL ← TYPE_i, TYPE_i

1.1.2 – Le Constructeur PRODUIT CARTESIEN : PC

Définition

Un objet d'un type instance du constructeur de produits cartésiens PC, est composé d'un nombre fixé de composantes de types différents correspondant chacune à un champ nommé. Exemple

TYPE CP = PC [un: TYPE1, deux: TYPE2...]

Constructeurs

La construction d'un objet de type CP, se fait grâce à l'opération C, paramétrée par les composantes de l'objet.

C-CP : PC [TYPE1, TYPE2...] ← TYPE1, TYPE2...

Modificateurs

La modification d'un objet de type produit cartésien est la modification d'une de ses composantes

MOD-UN: PC [TYPE1, TYPE2..] ← PC [TYPE1, TYPE2..], TYPE1

MOD-DEUX: PC [TYPE1, TYPE2..] ← PC [TYPE1, TYPE2..], TYPE2

Il existe un modificateur conditionnel

SI-ALORS-SINON: PC [TYPE1, TYPE2..] ← BOOL, PC [TYPE1, TYPE2..], PC [TYPE1, TYPE2..]

Observateurs

L'accès aux composantes d'un objet de type PC se fait à l'aide de l'opération dont le nom est celui du champ de la composante : UN, DEUX ...

UN: TYPE1 ← PC [TYPE1, TYPE2..]

DEUX: TYPE2 ← PC [TYPE1, TYPE2..]

L'égalité de deux objets de même type PC n'est vraie que s'il y a égalité respective des composantes.

EQ-CP: BOOL ← PC [TYPE1, TYPE2..], PC [TYPE1, TYPE2..]

1.1.3 - Le constructeur TABLE : T

Définition

C'est la représentation d'une fonction définie sur un ensemble d'indices (ou de clés) éléments d'un type donné TYPE1, à valeur dans un ensemble d'éléments d'un autre type TYPE2, en associant à chaque indice, un élément. Exemple

TYPE TAB = T [TYPE1] de TYPE2

Constructeurs

La construction d'un objet de type table se fait à partir de la table vide "tvide", en insérant les éléments associés à des indices grâce à l'opération "insert".

TVIDE: T [TYPE1] de TYPE2 ←

L'insertion d'un élément dont l'indice associé appartient déjà à la table est équivalente à la modification de l'élément associé à l'indice. Il n'est pas possible d'insérer dans une table un élément dont l'indice est indéfini:

INSERT: T [TYPE1] de TYPE2 ← T [TYPE1] de TYPE2, TYPE1, TYPE2

Modificateurs

La modification est celle d'un élément repéré par son indice .

MOD-TAB: T [TYPE1] de TYPE2 ← T [TYPE1] de TYPE2, TYPE1, TYPE2

Il existe une modification conditionnelle.

SI-ALORS-SINON: T [TYPE1] de TYPE2 ← BOOL, T [TYPE1] de TYPE2, T [TYPE1] de TYPE2

Observateurs

L'observation se fait par un accès à un élément repéré par son indice. C'est l'accès direct classique.

AD-TAB: TYPE2 ← T [TYPE1] de TYPE2, TYPE1

Une deuxième façon d'observer est l'accès associatif (Indirect). On a pour résultat l'ensemble des indices des éléments qui ont la valeur donnée.

AI-TAB: E [TYPE1] ← T [TYPE1] de TYPE2, TYPE2

La lettre E représente le type de base ENSEMBLE.

L'opérateur ITER

L'itération ITER est celle d'une fonction fct, pour tous les éléments de la table vérifiant une certaine propriété prop

ITER_{fct,prop} : T [TYPE1] de TYPE3 ← T [TYPE1] de TYPE2

Avec fct : TYPE3 ← PC [TYPE1, TYPE2],

c'est-à-dire une fonction qui à partir d'un indice et de la valeur lue dans la table pour cet indice, fait correspondre une valeur dans un ensemble d'arrivée de type TYPE3, et

prop : BOOL ← PC [TYPE1, TYPE2],

cette propriété permet de sélectionner les éléments de la table auxquels on applique la fonction fct.

L'opérateur SOM

L'opérateur SOM, cumule les valeurs calculées sur chaque élément de la table par une opération fcte.

SOM_{fcte} : TYPE3 ← T [TYPE1] de TYPE2

Avec fcte : TYPE3 ← PC [TYPE1, TYPE2]

Cet opérateur est utile pour toute opération de type statistique, et l'ensemble d'arrivée peut être de type plus complexe (exemple une table dans le cas des fonctions tabulées).

1.1.4 - Le constructeur ENSEMBLE : E

Définition

Il est composé d'un ensemble d'éléments de même type, il n'y a PAS D'ORDRE NI de REPETITION des éléments.

TYPE ENS = E [TYPE1]

Constructeurs

La construction d'un objet de type ENSEMBLE se fait en partant de l'ensemble vide, "EVIDE" et en ajoutant les éléments grâce à l'opération "ADJ". L'adjonction à un ensemble d'un élément qui lui appartient déjà, ou qui est indéfini, laisse l'ensemble inchangé.

EVIDE: E [TYPE1] ←

ADJ: E [TYPE1] ← E [TYPE1], TYPE1

Modificateurs

Les opérations de modification d'un ensemble sont la suppression SUPE d'un élément donné de l'ensemble, les opérations ensemblistes union et intersection de deux ensembles, UNION et INTERSEC, et enfin la conditionnelle SI-ALORS-SINON

SUPE: E [TYPE1] ← E [TYPE1], TYPE1

UNION: E [TYPE1] ← E [TYPE1], E [TYPE1]

INTERSEC: E [TYPE1] ← E [TYPE1], E [TYPE1]

SI-ALORS-SINON: E [TYPE1] ← BOOL, E [TYPE1], E [TYPE1]

Observateurs

L'accès aux éléments d'un ensemble se fait par le prédicat d'appartenance APPE.

APPE: BOOL ← E [TYPE1], TYPE1

L'opération TAILLE permet de connaître le nombre d'éléments de l'ensemble.

TAILLE: ENT ← E [TYPE1]

Le prédicat ensembliste d'inclusion INCLU permet de savoir si tous les éléments d'un ensemble appartiennent à un autre ensemble.

INCLU: BOOL ← E [TYPE1], E [TYPE1]

Le prédicat EVIDE? permet de savoir si un ensemble donné est vide. Un ensemble indéfini n'est pas vide.

EVIDE?: BOOL ← E [TYPE1]

Deux ensembles sont égaux pour le prédicat EQE, s'ils contiennent des éléments équivalents (pour le prédicat d'équivalence des éléments).

EQE: BOOL ← E [TYPE1], E [TYPE1]

L'opérateur ITERE

L'opérateur ITERE applique une opération fct, aux éléments vérifiant une propriété

prop.

ITERE_{fct,prop} : E [TYPE2] ← E [TYPE1]

Avec fct : TYPE2 ← TYPE1 et prop : BOOL ← TYPE1

L'opérateur SOME L'opérateur SOME calcule la somme des valeurs entières obtenues sur chaque élément par la fonction fcte

SOME_{fcte} : ENT ← E [TYPE1]

Avec fcte : ENT ← TYPE1

Remarque

Les différents types d'objets définis à partir des constructeurs, héritent des opérations définies sur chaque constructeur.

1.2 - CONVENTIONS

Notation retenue pour la création d'objets complexes:

Les opérations définies sur les différents types d'objets ont souvent comme résultat la création d'un objet d'un type donné.

Par exemple, l'addition de deux niveaux de gris a pour résultat la création d'un objet de type NG:

ADD-NG(ng_1 , ng_2)= C-NG(ng_1+ng_2).

Pour des types simples, cette forme d'écriture reste facilement compréhensible, on la retrouve par exemple dans le type position. Quand le type est plus complexe l'utilisation de l'opération de création devient alors fastidieuse.

Par exemple l'opération REDUIRE-F s'écrirait:

REDUIRE-F(f , c)=

C-FENETRE(f .ASG,

C-DIM($\min(f$.DIMF.LARGEUR+ f .ASG.ABS, c .LARGEUR)- f .ASG.ABS,
 $\min(f$.DIMF.HAUTEUR+ f .ASG.ORD, c .HAUTEUR)- f .ASG.ORD))

On convient donc d'éviter la phase de construction du type résultat, et on donne seulement comment obtenir chaque composante du résultat, à partir des données. Afin de mémoriser cette omission volontaire, les définitions des composantes sont introduites par le symbole "*".

Notation retenue pour la création de Tables:

Un cas particulier est celui des opérations portant sur les objets de type IM.. (IMG, IMB...) où une des composantes est de type table.

En toute rigueur, la création d'un tel objet devrait être notée:

insertfn(insertfn(...insertfn(t vide), p_1 , v_1)...) p_{n-1} , v_{n-1}), p_n , v_n)

Dans cette formule devraient figurer autant de "insertfn" que d'indices différents possibles dans la table. A cette notation on préfère:

ITER f , $prop$ avec

f : fonction qui permet de calculer à partir des paramètres d'entrée, la valeur insérée dans la table à la place correspondant à l'indice p . Comme il y a création d'un tel objet TOUS les indices possibles sont examinés chacun leur tour et la propriété $prop$ ne fait que traduire l'intervalle de variation de p .

Rappel: sauf pendant la phase de création, les tables sont entièrement définies, quel que soit une valeur d'indice possible T[$indice$] est un objet qui a une valeur.

Notation retenue pour les opérations:

NOM-DE-L-OPERATION(liste des paramètres en entrée) :

les paramètres peuvent être des objets élémentaires (en caractères minuscules) ou des résultats d'autres fonctions (en caractères majuscules) figurant elles-même avec leurs propres paramètres. Exemples: C-NG(n), ADD-NG(n_1 , n_2), SELECT-IMG(i , REDUIRE-F(f , i .DIMIG))...

Notation pour accéder aux champs d'un produit cartésien:

Afin de différencier accès et opération on utilise une notation linéaire (pour des facilités d'écriture) proche de la notation pascal, par exemple LARGEUR(DIMIB(FI(i))) (risque d'erreurs dans les niveaux de parenthésage) s'écrira

i .FI.DIMIB.LARGEUR

i : objet de type image filtrée IMF

FI: champ filtre d'un objet de type IMF, de type IMB

DIMIB: champ dimension d'une image binaire, de type DIM

LARGEUR: champ d'un objet de type DIM

Remarques concernant l'affectation:

Quand dans une opération, on crée un objet en écrivant $obj_1=obj_2$, cela peut se traduire de différentes façons: duplication de l'objet 1 et création effective de l'objet 2, ou on peut considérer qu'il y a partage des données en utilisant des pointeurs différents, pointant sur un objet réel unique. Dans ce cas, toute modification de l'objet, peut entraîner des erreurs: c'est le cas lorsque le champ IF d'une image filtrée, lui même de type IMG, est considéré comme objet partageable, l'image binaire associée ne suit pas forcément les modifications de IF, d'où erreur. Dans notre application les objets ne seront pas considérés comme partageables, on utilisera deux types d'opérateurs de façon explicite, ceux qui CREENT un nouvel objet (en utilisant le constructeur de type de l'objet) et ceux qui MODIFIENT un objet. Il est bien évident que lors de l'implantation du projet on peut être amené à réviser cette attitude pour des problèmes d'optimisation d'encombrement mémoire. Au programmeur de prendre les précautions nécessaires dans ce cas.

Notation pour les valeurs particulières:

Il est intéressant de signaler les valeurs particulières qui peuvent varier suivant la technologie, c'est pourquoi nous utilisons des CONSTANTES, elles apparaissent en italiques minuscules avec les valeurs les plus couramment rencontrées. Exemple: *ninf*, *nsup*: limites inférieure et supérieure de NG, généralement 0 et 255.

1.3 – TYPE NIVEAU DE GRIS

TYPE NG : ENT

INVARIANT INFEG(*ninf*, NG) et INFEG(NG, *nsup*)

L'intervalle de définition du type NG, est en réalité un sous-ensemble d'entiers *ninf..nsup*, *ninf* et *nsup* ont généralement pour valeurs respectives 0 et 255. Modifier ces valeurs n'a aucune incidence sur la suite des définitions. Ces limites sont imposées par la technologie, donc susceptibles d'être modifiées lors de l'implantation.

1.3.1 – Opérations utilisables

Opérations importées: les opérations classiques sur les entiers RESTREINTES à la somme + la différence -, et la division entière DIV.

Opérations définies: C-NG, ADD-NG, DIFF-NG, MOY-NG

1.3.2 – Lexique

C-NG: Création d'un objet de type NG

ADD-NG: Addition de deux niveaux de gris

DIFF-NG: Différence de deux niveaux de gris

MOY-NG: Moyenne arithmétique de deux niveaux de gris

1.3.3 – Déclaration de variables

Type NG: *ng1, ng2*

Type ENT: *n*

1.3.4 – Définitions des opérations

Profil: v C-NG : NG ← ENT

Définition:

$C-NG(n) = \min(nsup, \max(ninf, n))$

Profil: ADD-NG : NG ← NG, NG

Définition: $ADD-NG(ng1, ng2) = C-NG(ng1+ng2)$

Profil: DIFF-NG : NG ← NG, NG

Définition: $DIFF-NG(ng1, ng2) = C-NG(ng1-ng2)$

Profil: MOY-NG : NG ← NG, NG

Définition: $MOY-NG(ng1, ng2) = C-NG((ng1+ng2) DIV 2)$

1.4 – LE TYPE COUL

TYPE COUL : PC [nr : ENT, nv : ENT, nb : ENT]

INVARIANT

INFEG(*cinf*, COUL.NR) et INFEG(COUL.NR, *csup*) et INFEG(*cinf*, COUL.NV) et INFEG(COUL.NV, *csup*) et INFEG(*cinf*, COUL.NB) et INFEG(COUL.NB, *csup*)

Ce type correspond aux trois composantes ROUGE, VERT, BLEU formant en synthèse additive, la "vraie" couleur. A ne pas confondre avec le type niveau de gris, à qui peut correspondre une couleur, grâce aux tables de transfert, et qui est en réalité le code d'une couleur choisie dans une palette de couleurs possibles. Dans ce cas on fait correspondre à chaque niveau de gris possible une couleur obtenue par des combinaisons de coefficients des LUT (Look Up Table).

La valeur de chaque composante est bornée de la même façon que le type d'objet niveau de gris par *cinf* et *csup*.

Les opérations définies sur le type couleur sont la répétition pour chaque fondamentale des opérations élémentaires du même style que celles définies sur le type NG, compte tenu des codifications liées au matériel, et par suite des variations possibles pour les valeurs codées entre *cinf* et *csup*.

1.4.1 – Opérations utilisables

Opérations importées: Celles qui viennent du constructeur Produit Cartésien à savoir MOD-NR, MOD-NV, MOD-NB.

Opérations définies: C-COUL, ADD-COUL, DIFF-COUL, MOD-COUL

1.4.2 – Lexique

C-COUL: Création d'un objet de type COUL

ADD-COUL: Addition de deux couleurs

DIFF-COUL: Différence de deux couleurs

MOD-COUL: Modification d'une couleur

1.4.3 – Déclaration de variables

Type COUL: *col1, col2*

Type ENT: *n1, n2, n3*

1.4.4 – Définitions des opérations

Profil: MOD-COUL : COUL ← COUL, ENT, ENT, ENT

Définition:

$C-COUL(n1, n2, n3) = C-PC(\min(csup, \max(cinf, n1)), \min(csup, \max(cinf, n2)), \min(csup, \max(cinf, n3)))$

Profil: ADD-COUL : COUL ← COUL, COUL

Définition:

$ADD-COUL(col1, col2) = C-COUL(col1.NR+col2.NR, col1.NV+col2.NV, col1.NB+col2.NB)$

Profil: DIFF-COUL : COUL ← COUL, COUL

Définition:

DIFF-COUL(col1, col2)= C-COUL(col1.NR-col2.NR, col1.NV-col2.NV,
col1.NB-col2.NB)

Profil: MOD-COUL : COUL ← COUL, ENT, ENT, ENT

Définition:

MOD-COUL(col1, n1, n2, n3)= MOD-NB(MOD-NV(MOD-NR(col1, n1), n2), n3)

1.5 - TYPE POSITION

TYPE POSITION : PC [abs: ENT, ord: ENT]

En réalité le type position est un INDEX permettant d'accéder aux valeurs dans une table correspondant à une image bidimensionnelle ("raster"). De la même façon qu'en algorithmique l'accès dans une table à deux dimensions est définie par un couple de valeurs le type position est considéré comme un couple de valeurs correspondant à l'abscisse et l'ordonnée.

Il faut éviter de mélanger les problèmes liés à l'implantation du type TABLE et POSITION avec le travail développé ici. Celle-ci peut se réaliser par l'utilisation de tableaux à deux dimensions pour Table et couple de valeurs pour Position (cas d'une image en mémoire image) ou par une liste de valeurs pointées pour Table et un pointeur pour Position (cas d'une image en mémoire centrale). Au programmeur de définir les différentes correspondances.

Cependant il reste à définir plusieurs types d'opérations sur ce type d'objet, qui sont des opérations de TRANSLATION (à partir d'un indice atteindre un autre indice par calcul à partir du premier), une opération qui définit à partir d'un indice, l'indice SUIVANT et une autre qui donne la liste des positions des positions VOISINES.

SUIVANT correspond à la définition d'une relation d'ordre dans l'ensemble des valeurs possibles des indices de la table. Cette fonction permet l'utilisation d'une table dont l'accès est par définition DIRECT, en tant que liste de valeurs. Ceci est rendu nécessaire par l'utilisation de l'opération ITER qui permet de définir des opérations globales pour l'objet table, c'est à dire pour tous les indices possibles. L'habitude algorithmique de définir tous les accès possibles par la formule "pour i de 1 à n1, pour j de 1 à n2..." fait qu'on souhaite conserver cette idée de valorisation des indices par incrémentation d'un compteur. Cela a pour principal avantage de faire qu'on ne duplique pas la même opération pour un indice, et qu'on les explore tous sans en oublier, mais en toute logique l'examen de toutes les valeurs possibles des indices ne comporte aucune contrainte concernant l'ordre dans lequel celui-ci doit s'effectuer.

L'opération SUIVANT est dans notre application, le suivant en ligne dans une table à deux dimensions.

Nous ne nous sommes pas particulièrement penché sur les objets graphiques, mais il aurait été possible de définir un type "contour" comme une liste de positions. Dans ce type d'objet, la définition d'une position suivant une position donnée aurait été toute différente. Cette remarque précise la différence entre les notions de position suivante dans le cas d'une image (matricielle) et dans le cas d'objets graphiques.

La définition de SUIVANT ne sera définie que dans le cadre bien précis du type POSITION, lui-même correspondant à un accès double dans une table.

Les images étudiées ont toujours DEUX dimensions.

Ces remarques sont aussi valables pour l'opération VOISINS.

Les opérations SUIVANT et VOISINS ne peuvent être définies que si on connaît le système de référence dans lequel on travaille, c'est pourquoi elle sont exposées dans la partie qui définit le type d'objet DIM.

D'autres opérations sont aussi à définir pour permettre le contrôle de la validité d'un indice.

1.5.1 – Opérations utilisables

Opérations importées: C-POSITION, MOD-ABS, MOD-ORD, ABS, ORD, EQ-POSITION

Opérations définies: TRANSLAN, TRANSLNA, TRANSL2

1.5.2 – Lexique

POSITION: Un objet de type position est un couple de valeurs correspondant aux coordonnées cartésiennes d'un point dans un repère orthonormé. Dans notre application on parle de la position d'un pixel à l'intérieur d'une image. Le repère de référence est constitué par le bord supérieur et le côté gauche de l'image, l'origine est le coin supérieur gauche de l'image. Il faut contrôler lors de l'utilisation d'un objet de type POSITION, que celui-ci correspond bien à un pixel possible dans une image, car le couple de valeurs peut être quelconque.

ABS: abscisse du point

ORD: ordonnée du point

TRANSLAN: Changement de repère d'un point. Il faut donc connaître la position de l'origine de l'Ancien repère par rapport au Nouveau.

TRANSLNA: Changement de repère d'un point. Il faut donc connaître la position de l'origine du Nouveau repère par rapport à l'Ancien repère.

TRANSL2: Translation d'un point

abs-min: Valeur particulière d'une abscisse, valeur minimale pouvant être 0 ou 1 suivant l'implémentation

ord-min: Même chose pour l'ordonnée

abs-nul: Valeur particulière d'une abscisse indiquant qu'elle n'est pas définie

ord-nul: Même chose pour l'ordonnée

1.5.3 – Déclaration de variables

Type POSITION: p1, p2

Type ENT: x1, x2, y1, y2

Type DIM: c

1.5.4 – Définitions des opérations

Profil: TRANSLAN : POSITION \leftarrow POSITION, POSITION

Commentaires: p1 représente les coordonnées d'un point et p2 les coordonnées de l'ancienne origine dans le nouveau repère.

Définition:

$$\text{TRANSLAN}(p1, p2) = \text{C-POSITION}(p1.ABS+p2.ABS, p1.ORD+p2.ORD)$$

Profil: TRANSLNA : POSITION \leftarrow POSITION, POSITION

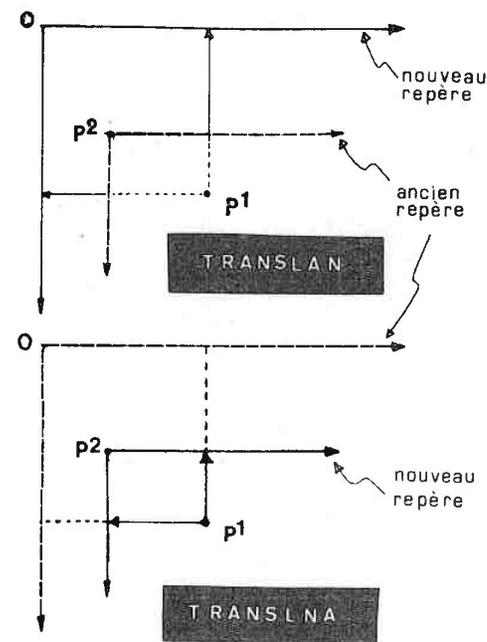
Commentaires: p1 représente les coordonnées d'un point et p2 les coordonnées de la nouvelle origine dans l'ancien repère.

Définition:

$$\text{TRANSLNA}(p1, p2) = \text{C-POSITION}(p1.ABS-p2.ABS, p1.ORD-p2.ORD)$$

Profil: TRANSL2 : POSITION \leftarrow POSITION, ENT, ENT

TRANSL2' : POSITION \leftarrow ENT, ENT, ENT, ENT



Commentaires: Il est aussi possible de définir cette opération directement à partir de valeurs entières, en passant par le constructeur de type mais les deux opérations sont équivalentes.

Définition:

$$\text{TRANSL2}(p1, x2, y2) = \text{C-POSITION}(p1.ABS+x2, p1.ORD+y2)$$

$$\text{TRANSL2}'(x1, y1, x2, y2) = \text{C-POSITION}(x1+x2, y1+y2)$$

1.6 - LE TYPE DIM

TYPE DIM : PC [largeur: ENT, hauteur: ENT]

1.6.1 - Opérations utilisables

Opérations importées: C-DIM, MOD-LARGEUR, MOD-HAUTEUR, LARGEUR, HAUTEUR, EQ-DIM

Opérations définies: P-DANS-C, SUIVANT, VOISINS

1.6.2 - Lexique

DIM: Dimension ou cadre ou frame, à la différence d'une fenêtre cet objet n'a pas de correspondant dans la réalité, c'est un objet mathématique qui permet de déterminer la zone de validité d'un objet de type position.

LARGEUR: C'est une longueur sur l'axe des abscisses.

HAUTEUR: C'est une longueur sur l'axe des ordonnées.

P-DANS-C: Est-ce qu'un point est contenu dans un cadre donné?

SUIVANT: Position suivante d'une position donnée

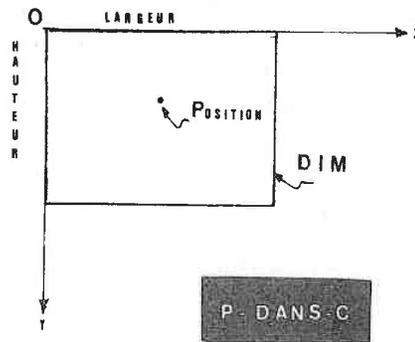
VOISINS: Ensemble des positions voisines d'une position donnée

1.6.3 - Déclaration de variables

Type POSITION: p1, p2

Type DIM: c

1.6.4 - Définitions des opérations

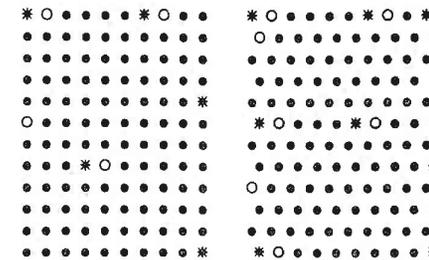


Profil: P-DANS-C : BOOLEEN ← POSITION, DIM

Commentaires: Le système de référence est absolu. Les valeurs des composantes de la position considérée sont comparées à *abs-min* (généralement 0) et largeur pour l'abscisse, et *ord-min* (0) et hauteur pour l'ordonnée.

Définition:

$P-DANS-C(p, c) = INFEG(abs-min, p.ABS) \text{ et } INFEG(p.ABS, c.LARGEUR) \text{ et } INFEG(ord-min, p.ORD) \text{ et } INFEG(p.ORD, c.HAUTEUR)$



Légende

- pixel normal
- * pixel choisi
- pixel suivant

SUIVANT en ligne sur un échantillonnage 8 ou 6

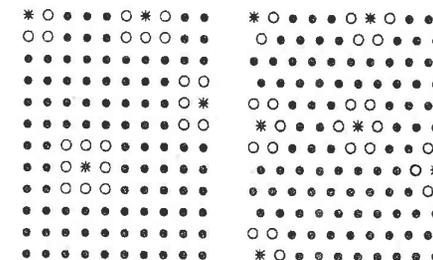
Profil: SUIVANT : POSITION ← POSITION, DIM

Commentaires: Cette opération n'est définissable que lorsqu'on sait dans quel cadre on se place, de la même façon on pourrait définir suivant en ligne ou en colonne, ici on se contente de suivant en ligne.

Précondition: P-DANS-C(p, c) = vrai

Définition:

$SUIVANT(p, c) = \text{Si } p.ABS < c.LARGEUR$
 alors C-POSITION(p.ABS+1, p.ORD)
 sinon
 si p.ORD < c.HAUTEUR
 alors C-POSITION(abs-min, p.ORD+1)
 sinon C-POSITION(abs-nul, ord-nul)



Légende

- pixel normal
- * pixel choisi
- pixel voisin

VOISINS sur un échantillonnage 8 ou 6

Profil: VOISINS : E[POSITION] ← POSITION, DIM

Commentaires: C'est l'ensemble des positions définies dans un cadre donné, telles que la distance entre la position donnée et les autres soit minimale.

Cette définition dépend du type d'échantillonnage utilisé lors de la numérisation de l'image.

Contrairement aux autres définitions des opérations, celle-ci n'est pas algorithmique (dans le sens comment obtenir ces voisins) mais axiomatique (dans le sens quelle est la propriété de ces points).

Précondition: P-DANS-C(p, c) = vrai

Définition:

VOISINS(p, c) =

{ p1 ; avec P-DANS-C(p1, c) = vrai et $0 < \text{DIST}(p, p1) \leq \epsilon$ }

Commentaires: p et p1 ne doivent pas être confondus et ϵ est un seuil fixé par l'utilisateur.

Profil: DIST : ENT ← POSITION, POSITION

Commentaires: C'est la distance entre deux points, on peut la définir comme on le souhaite. Si on considère la distance euclidienne DISTe:

Définition:

$\text{DISTe}(p1, p2) = ((p1.ABS - p2.ABS)^2 + (p1.ORD - p2.ORD)^2)^{1/2}$

1.7 – LE TYPE FENETRE

TYPE FENETRE :PC [asg: POSITION, dimf: DIM]

C'est un outil de sélection.

Pour l'application envisagée, une fenêtre est un objet créé de façon interactive sur la vidéo. Il fait partie de la boîte à outils nécessaire pour l'utilisation de l'éditeur. En conséquence, la taille d'un tel objet est limitée par celle de la vidéo.

La sélection d'une partie d'image par un objet de type fenêtre est en réalité la sélection d'une partie de la mémoire image.

Il existe deux objets particuliers correspondant au type fenêtre: la clôture (l'off-set d'écriture) et l'objet visu.

La clôture permet de définir une zone de travail en mémoire image.

L'objet VISU est la sélection de la zone de la mémoire image visualisée sur le terminal vidéo. Certaines opérations définies sur le type FENETRE, théoriquement valables sur l'objet VISU, sont fortement liées à la technologie d'implantation et ne peuvent se réaliser que si on dispose des fonctionnalités de base nécessaires.

1.7.1 – Opérations utilisables

Opérations importées: C-FEN, MOD-ASG, MOD-DIMF, ASG, DIMF

Opérations définies:

F-DANS-C, REDUIRE-F

1.7.2 – Lexique

ASG: Angle supérieur gauche défini dans le repère VISU

DIMF: Dimension de la fenêtre

F-DANS-C: Prédicat d'inclusion d'une fenêtre dans un cadre donné

REDUIRE-F: Réduction d'une fenêtre afin qu'elle soit comprise entièrement dans un cadre donné

1.7.3 – Déclaration de variables

Type FENETRE: f

Type DIM: c

Type POSITION: p

1.7.4 – Définitions des opérations

F-DANS-C: BOULÉEN ← FENETRE, DIM

Conditions d'application: Le point de fixation de la fenêtre doit être interne au cadre.

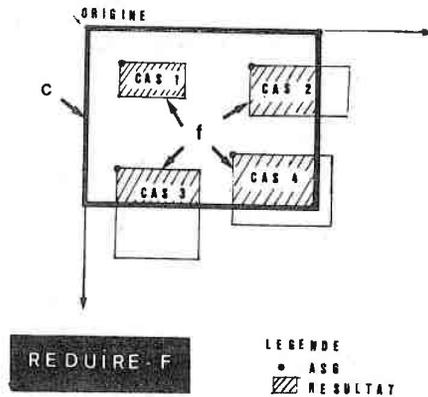
Précondition: P-DANS-C(f.ASG, c) = vrai

Commentaires: Il semble normal de fixer des préconditions sur ce point puisque l'angle supérieur gauche joue un rôle particulier.

Définition:

$(f.ASG.ABS + f.DIMF.LARGEUR \leq c.LARGEUR)$ et

$(f.ASG.ORD + f.DIMF.HAUTEUR \leq c.HAUTEUR)$



Profil: REDUIRE-F: FENETRE ← FENETRE, DIM

Conditions d'application: Le point de fixation de la fenêtre doit être interne au cadre:

Précondition: P-DANS-C(f.ASG, c) = vrai

Commentaires: Le cadre est le système de référence.

Définition: REDUIRE-F(f, c) =

Si F-DANS-C(f, c) alors f
sinon

*REDUIRE-F(f, c).ASG = f.ASG et

*REDUIRE-F(f, c).DIMF.LARGEUR =

si f.DIMF.LARGEUR + f.ASG.ABS ≤ c.LARGEUR

alors f.DIMF.LARGEUR

sinon c.LARGEUR - f.ASG.ABS

*REDUIRE-F(f, c).DIMF.HAUTEUR =

si f.DIMF.HAUTEUR + f.ASG.ORD ≤ c.HAUTEUR

alors f.DIMF.HAUTEUR

sinon c.HAUTEUR - f.ASG.ORD

1.8 - LE TYPE IMAGE EN NIVEAUX DE GRIS

TYPE IMG : PC [dimig: DIM, matg: T [POSITION] de NG]

1.8.1 - Opérations utilisables

Opérations importées: C-IMG, MOD-DIMIG, MOD-MATG, DIMIG, MATG

Opérations définies:

I-IMG, SOM-IMG, DIFF-IMG, NEGATIF-IMG, SEUIL-I-IMG,
SEUIL-S-IMG, SELECT-IMG, REMPLIR, COPIER-IMG,
PLACER-IMG, DEPLACER-IMG

1.8.2 - Lexique

IMG: image en niveaux de gris

DIM: type dimension

NG: type niveau de gris (0-255 généralement)

C-IMG: création d'une image en niveaux de gris

MOD-DIMIG: modification de la première projection

MOD-MATG: modification de la deuxième projection

DIMIG: lecture de la première projection

MATG: lecture de la deuxième projection

I-IMG: initialisation d'une image de type IMG

SOM-IMG: somme de deux images de type IMG

DIFF-IMG: différence de deux images de type IMG

NEGATIF-IMG: passage au négatif d'une image IMG

SEUIL-I-IMG: seuillage d'une image en niveau de gris par valeur inférieure

SEUIL-S-IMG: seuillage d'une image en niveau de gris par valeur supérieure

SELECT-IMG: sélection d'une partie d'image par une fenêtre

REEMPLIR: modification d'une partie d'image délimitée par une fenêtre, par une valeur constante de niveau de gris

COPIER-IMG: copie d'une partie d'une image sur elle-même

PLACER-IMG: copier à une position déterminée une image sur une autre image

DEPLACER-IMG: déplacer une partie d'image, la recopier à un endroit spécifié et remplir la place vidée par une valeur de fond

1.8.3 - Déclaration de variables

Type IMG: i, i1, i2

Type POSITION: p, p1, p2

Type NG: ng

Type DIM: c

Type FENETRE: f

1.8.4 - Définitions des opérations

Profil: I-IMG: IMG ← DIM, NG

Commentaires: Création d'une image uniformément teintée, à partir d'un cadre et d'une valeur de niveau de gris.

Définition:

*I-IMG(c, ng).DIMIG = c

*I-IMG(c, ng).MATG = ITER fct,prop avec

fct: I-IMG(c, ng).matg[p] = ng et

prop: pour tout p tel que P-DANS-C(p, c) = vrai.

P-DANS-C est une opération définie dans le type POSITION, qui permet

de savoir si une position p est dans un cadre c .

Profil: SOM-IMG: IMG \leftarrow IMG, IMG

Conditions d'application: Les deux images doivent traiter le même sujet

Précondition: $i1.DIMIG = i2.DIMIG$

Commentaires: Cette opération est comme la suivante, la création d'un objet de type IMG.

Définition:

*SOM-IMG($i1, i2$).DIMIG = $i1.DIMIG$

*SOM-IMG($i1, i2$).MATG = ITER $_{fct, prop}$ avec

fct : SOM-IMG($i1, i2$).MATG[p] = ADD($i1.MATG[p]$, $i2.MATG[p]$) et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-C($p, i1.DIMIG$) = vrai

Profil: DIFF-IMG: IMG \leftarrow IMG, IMG

Conditions d'application: Les deux images doivent traiter le même sujet

Précondition: $i1.DIMIG = i2.DIMIG$

Définition:

*DIFF-IMG($i1, i2$).DIMIG = $i1.DIMIG$

*DIFF-IMG($i1, i2$).MATG = ITER $_{fct, prop}$ avec

fct : DIFF-IMG($i1, i2$).MATG[p] = DIFF($i1.MATG[p]$, $i2.MATG[p]$) et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-C($p, i1.DIMIG$) = vrai

Profil: NEGATIF-IMG: IMG \leftarrow IMG

Commentaires: On utilise la valeur *nsup*, déjà rencontrée, qui vaut généralement 255.

Définition:

*NEGATIF-IMG(i).DIMIG = $i.DIMIG$ et

*NEGATIF-IMG(i).MATG = ITER $_{fct, prop}$ avec

fct : NEGATIF-IMG(i).MATG[p] = $|i.MATG[p] - nsup|$ et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-C($p, i.DIMIG$) = vrai

444588222333445	555588555555555	444555222333445
0045533322889444	5555555555889555	0045533322555444
3306676372812210	5556676575855555	330555352512210
9906672224811117	9956675555855557	5505552224511115
5500697444511112	5555697555555555	550055444511112
7506687233311112	7556687555555555	550555233311112
5578889900000111	5578889955555555	5555555000000111
5588991001111111	5588995555555555	5555551001111111

IMAGE SEUIL-I-IMG(5) SEUIL-S-IMG(5)

0001000000000001	1111001111111111	0001100000000001
0001100000000000	1111111110001111	0001100000111000
0000000000000000	1110000101011111	0001110101000000
0000000000000000	0010001111011110	1101110000100001
1100000000100000	1111000111111111	1100110001000000
0100000000000000	0110000111111111	1101111000000000
1100000000000000	1100000011111111	1111111100000000
1100000000000000	1100001111111111	1111110000000000

FILTRER(5) FILTRER-I(5) FILTRER-S(5)

Profil: SEUIL-I-IMG: IMG \leftarrow IMG, NG

Commentaires: L'image résultat est partout définie, et ne doit pas être confondue avec le résultat d'un filtrage par seuil qui rend un objet résultat de type image binaire.

Définition:

*SEUIL-I-IMG(i, ng).DIMIG = $i.DIMIG$

*SEUIL-I-IMG(i, ng).MATG = ITER $_{fct, prop}$ avec

fct : SEUIL-I-IMG(i, ng).MATG[p] = si $i.MATG[p] \leq ng$ alors ng sinon $i.MATG[p]$ et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-C($p, i.DIMIG$) = vrai

Profil: SEUIL-S-IMG: IMG \leftarrow IMG, NG

Définition:

*SEUIL-S-IMG(i, ng).DIMIG = $i.DIMIG$

*SEUIL-S-IMG(i, ng).MATG = ITER $_{fct, prop}$ avec

fct : SEUIL-S-IMG(i, ng).MATG[p] = si $i.MATG[p] \geq ng$ alors ng sinon $i.MATG[p]$ et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-C($p, i.DIMIG$) = vrai

Profil: SELECT-IG: IMG \leftarrow IMG, FENETRE

Conditions d'application: L'image résultat doit être définie en tout point, cela impose à la fenêtre d'être définie sur l'image initiale. Si ce n'est pas le cas, il faut modifier la fenêtre initiale par l'opération REDUIRE-F.

Précondition: P-DANS-C($f.ASG, i.DIMIG$) = vrai

Définition:

SELECT-IG(i, f) = si F-DANS-C($f, i.DIMIG$) alors SELECT-IMG(i, f)
sinon SELECT-IMG($i, REDUIRE-F(f, i.DIMIG)$)

Profil: SELECT-IMG: IMG \leftarrow IMG, FENETRE

Conditions d'application: La fenêtre est définie sur l'image initiale

Précondition: F-DANS-C($f, i.DIMIG$) = vrai

Commentaires: On utilise ici une fonction de translation permettant de définir les coordonnées d'un point en connaissant la position du point et les coordonnées de la nouvelle origine dans l'ancien repère.

Définition:

*SELECT-IMG(i, f).DIMIG = $f.DIMIG$

*SELECT-IMG(i, f).MATG = ITER $_{fct, prop}$ avec

fct : SELECT-IMG(i, f).MATG[p] = TRANSLNA($p, f.ASG$) = $i.MATG[p]$ et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-C($p, f.DIMIG$) = vrai

Profil: REMPLIR: IMG ← IMG, FENETRE, NG

Conditions d'application: Si la fenêtre n'est pas définie entièrement sur l'image, elle est réduite

Définition:

REEMPLIR(i, f, ng) = si F-DANS-C($f, i, DIMIG$) = vrai alors

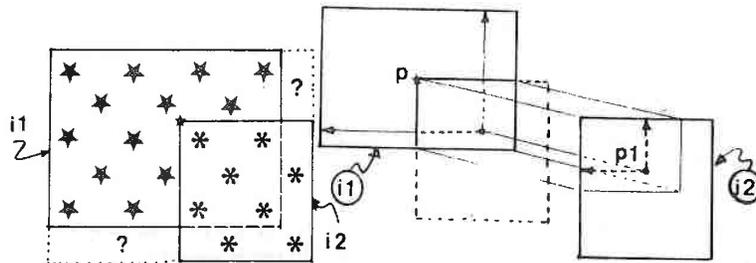
ITER $f_{ct,prop}$ sinon ITER $f_{ct,prop'}$ avec

f_{ct} : MOD-MATG(i, ng, p) et

$prop$: pour tout p tel que P-DANS-F(p, f) = vrai et

$prop'$: pour tout p tel que

P-DANS-C($p, REDUIRE-F(f, i, DIMIG), DIMF$) = vrai



PLACER-IMG

Profil: PLACER-IMG: IMG ← IMG, IMG, POSITION

Conditions d'application: Le point de fixation de $i2$ doit appartenir à $i1$

Précondition: P-DANS-C($p, i1, DIMIG$) = vrai

Commentaires: C'est aussi la fusion de deux images $i1$ et $i2$, $i2$ est placée SUR $i1$. Le résultat est la MODIFICATION de $i1$ pour toutes les positions correspondant à l'incrustation de $i2$. Il faut remarquer une particularité, si l'image $i2$ est de taille supérieure à celle de $i1$, et que le point de fixation de $i2$ est l'angle supérieur gauche, le résultat n'est pas $i2$ intégrale mais la partie de $i2$ correspondant à la taille de $i1$.

Définition:

PLACER($i1, i2, p$).MATG=

si F-DANS-C(C-FENETRE($p, i2, DIMIG$), $i1, DIMIG$) alors ITER $f_{ct,prop}$
sinon ITER $f_{ct,prop'}$ avec

f_{ct} : MOD-MATG($i1, MATG, TRANSLAN(p1, p), i2, MATG(p1)$) et

$prop$: pour tout $p1$ tel que P-DANS-C($p1, i2, DIMIG$) = vrai et

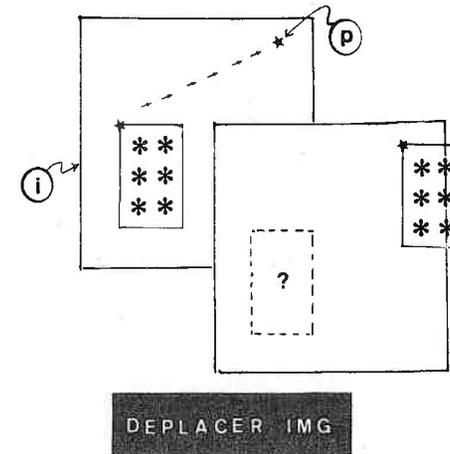
$prop'$: pour tout $p1$ tel que

P-DANS-C($p1, REDUIRE-F(C-FENETRE(p, i2, DIMIG), i1, DIMIG), DIMF$) = vrai

Pour cette opération ainsi que pour les deux suivantes l'utilisateur doit savoir que ces modifications entraînent une perte des informations contenues dans l'image initiale, c'est à lui de décider s'il doit ou non faire précéder ces opérations par une sauvegarde de l'image de départ.

Il faut aussi signaler que l'ordre des opérations n'est pas indifférent, cela est dû aux problèmes de recouvrement possible des différents objets manipulés. En particulier, la sélection d'une partie de l'image initiale doit toujours être

prioritaire par rapport à toute autre opération de modification. Dans certains cas il peut même être souhaitable de créer un objet intermédiaire réutilisable par la suite.



DEPLACER-IMG

Profil: DEPLACER-IMG: IMG ← IMG, FENETRE, POSITION, NG

Conditions d'application: La position à partir de laquelle on recopie la partie d'image déplacée, doit être située dans le cadre de l'image.

Commentaires: Cette opération utilise les opérations déjà définies: sélectionner la partie à déplacer, remplir la fenêtre correspondant à la partie sélectionnée par une valeur de fond puis copier la partie sélectionnée à la position souhaitée. C'est une macro-instruction correspondant à l'enchaînement de plusieurs opérations élémentaires. L'opération SELECT-IG est prioritaire par rapport à REMPLIR.

Définition:

DEPLACER(i, f, p, ng) =

PLACER-IMG(REEMPLIR(i, f, ng), SELECT-IG(i, f, p))

Profil: COPIER-IMG: IMG ← IMG, FENETRE, POSITION

Commentaires: On recopie une partie d'image sélectionnée par une fenêtre définie sur l'image initiale à la position voulue. Cette opération correspond aussi à l'enchaînement de plusieurs opérations élémentaires sélection de la partie d'image à recopier (création d'un objet intermédiaire), suivit de la modification de l'image initiale par l'opération de placement de cet objet intermédiaire.

Définition:

COPIER-IMG(i, f, p) = PLACER-IMG($i, SELECT-IG(i, f, p)$)

1.9 – TYPES BINAIRE ET IMAGE BINAIRE

TYPE BIN : BOOLEEN

1.9.1 – Opérations utilisables

Opérations importées: Toutes les opérations sur le type booléen et plus particulièrement les opérations logiques OU, ET, OUX, NON, symbolisées respectivement par "+", ".", "x", "-".

TYPE IMB : PC [dimib: DIM, matb: T[POSITION] de BIN]

1.9.2 – Opérations utilisables

Opérations importées: C-IMB, MOD-DIMIB, MOD-MATB, DIMIB, MATB

Opérations définies: COMPLEMENT, SELECT-IMB, AJUSTER, REDUIRE-IMB

1.9.3 – Lexique

IMB: image binaire

MOD-DIMIB: modification de la première projection du produit cartésien

MOD-MATB: modification de la deuxième projection du produit cartésien

DIMIB: lecture de la dimension d'une image binaire

MATB: lecture de la matrice des valeurs binaires de l'image

COMPLEMENT: image binaire complémentaire de l'image donnée

SELECT-IMB: sélection d'une partie d'image par une fenêtre

AJUSTER: ajustement d'un cadre de dimensions minimales autour d'une zone significative d'une image binaire

REDUIRE-IMB: sélectionner la partie significative d'une image binaire

1.9.4 – Déclaration de variables

Type IMB: ib

Type BIN: b, b1, b2

Type FENETRE: f

Type DIM: c

Type ENT: xmin, xmax, ymin, ymax

1.9.5 – Définitions des opérations

Profil: COMPLEMENT: IMB ← IMB

Définition:

*COMPLEMENT(ib).DIMIB = ib.DIMIB

*COMPLEMENT(ib).MATB = ITER fct, prop avec

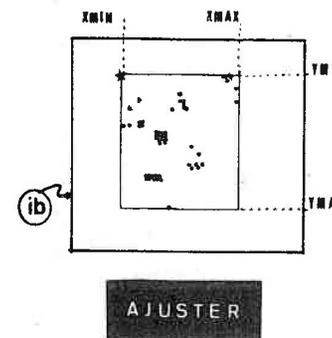
fct: COMPLEMENT(ib).MATB[p] = -ib.MATB[p] et

prop: pour tout p tel que P-DANS-C(p, ib.DIMIB) = vrai

Profil: SELECT-IMB: IMB ← IMB, FENETRE

Commentaires: Cette opération est identique à celle définie sur le type IMG, les restrictions sont les mêmes, et les définitions se déduisent directement de

celles définies sur le type IMG en remplaçant IMG par IMB et DIMIG par DIMIB.



Profil: AJUSTER: FENETRE ← IMB

Commentaires: Cette opération détermine la fenêtre de taille minimale contenant les informations significatives de l'objet, à l'extérieur de cette fenêtre les valeurs des positions sont TOUTES identiques (généralement faux).

Définition:

*AJUSTER(ib).DIMF = C-DIM(xmax - xmin, ymax - ymin)

tel que pour tout p tel que P-DANS-C(p, ib.DIMIB) = vrai

et P-DANS-C(p, C-DIM(xmax - xmin, ymax - ymin)) = faux

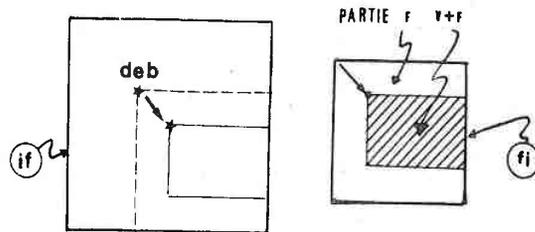
on ait (ib.MATB[p] = faux) = vrai

Profil: REDUIRE-IMB: IMB ← IMB

Commentaires: Cette opération vise à optimiser l'encombrement en sélectionnant la partie significative de l'image binaire.

Définition: REDUIRE-IMB(ib) = SELECT-IMB(ib, AJUSTER(ib))

*C-IMF(i, ib, p).FI.DIMIB= REDUIRE-F(C-FENETRE(p, ib.DIMIB), i.DIMIG).DIMF
 *C-IMF(i, ib, p).FI.MATB= ITER fct,prop avec
 fct: C-IMF(i, ib, p).FI.MATB[p1]= ib.MATB[p1] et
 prop: pour tout p1 tel que
 P-DANS-C(p1, REDUIRE-F(C-FENETRE(p, ib.DIMIB), i.DIMIG).DIMF)= vrai



OPTI-IMF

Profil: OPTI-IMF: IMF ← IMF

Commentaires: Cette opération revient à réduire la taille du filtre en ne conservant que la partie significative du filtre binaire, et modifier en conséquence le point de fixation du filtre dans l'image source.

Définition:

*OPTI-IMF(imf).IF= imf.IF
 *OPTI-IMF(imf).DEB= TRANSLAN(AJUSTER(imf.FI).ASG, imf.DEB)
 *OPTI-IMF(imf).FI= REDUIRE(imf.FI)

Profil: C-OBJ : IMF ← IMF

Commentaires: Cet objet est une image filtrée dont on ne garde que les parties significatives afin d'optimiser l'encombrement. Les deux images IMG et IMB sont de même taille et le point de fixation du filtre est l'angle supérieur gauche de l'image.

Définition:

*C-OBJ(imf).IF=
 SELECT-IMG(imf.IF, C-FENETRE(OPTI-IMF(imf).DEB, OPTI-IMF(imf).FI.DIMIB))
 *C-OBJ(imf).DEB= C-POSITION(abs-min, ord-min)
 *C-OBJ(imf).FI= OPTI-IMF(imf.FI)

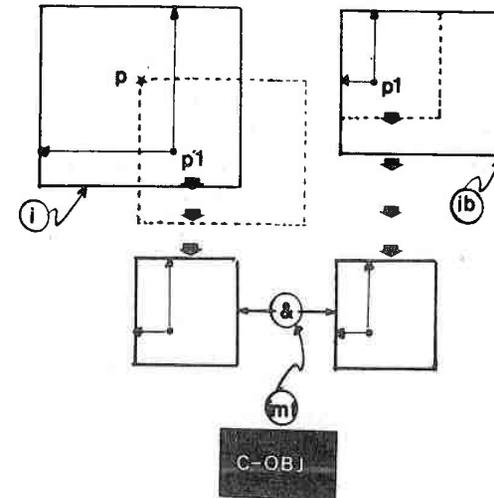
Profil: SELECT-IMF : IMF → IMF, FENETRE

Précondition: P-DANS-C(f.ASG, imf.FI.DIMIB)= vrai

Commentaires: Sélection d'une partie d'image filtrée par une fenêtre, le point de fixation de la fenêtre doit appartenir au filtre. C'est en réalité la création d'un autre filtre sur une même image.

Définition:

*SELECT-IMF(imf, f).IF= imf.IF
 *SELECT-IMF(imf, f).DEB= TRANSLAN(imf.DEB, f.ASG)
 *SELECT-IMF(imf, f).FI= SELECT-IB(imf.FI, f)



C-OBJ

Profil: SELECT-OBJ: IMF ← IMF, FENETRE

Précondition: P-DANS-C(f.ASG, imf.FI.DIMIB)= vrai

Commentaires: Le point de fixation de la fenêtre doit appartenir au cadre de l'objet. Si la fenêtre n'est pas entièrement définie sur l'image alors elle est réduite à la seule partie définie.

Les dimensions de l'image et du filtre sont identiques après cette sélection puisqu'on travaille sur "OBJ" et non sur "IMF" donc

SELECT-OBJ(imf, f).IF.DIMIG= SELECT-OBJ(imf, f).FI.DIMIB

On peut considérer cette opération de deux façons, soit c'est une optimisation d'une image filtrée après une opération de type SELECT-IMF, soit c'est la création d'un objet optimisé de type IMF, obtenu directement par optimisation de ses différentes composantes grâce aux opérations de sélection dans une image et dans une image binaire.

Définition 1:

SELECT-OBJ(imf, f)= C-OBJ(OPTI-IMF(SELECT-IMF(imf, f)))

Définition 2:

SELECT-OBJ(imf, f)= C-IMF(SELECT-IG(imf.IF, f),
 C-POSITION(1,1),
 SELECT-IB(imf.FI, f))

Profil: PLACER-IMF: IMG ← IMG, IMF, POSITION

Conditions d'application: Le point d'application de l'objet doit appartenir à l'image sur laquelle on fixe l'objet

Précondition:

P-DANS-C(p, i.DIMIG)= vrai

Commentaires: Cette opération est une MODIFICATION de l'image initiale par incrustation d'une partie d'image de forme quelconque sur une autre image.

Définition: PLACER-IMF(i, imf, p)= ITER $_{fct,prop}$ avec
 fct: Si imf.FI.MATB(p1)= vrai alors
 MOD-MATG(i, TRANSLAN(p1, p), imf.IF.MATG(TRANSLAN(p1, imf.DEB)))
 prop: pour tout p1 tel que
 P-DANS-C(TRANSLNA(p1, p),
 REDUIRE-F(C-FENETRE(p, imf.FI.DIMIB), i.DIMIG).DIMF)= vrai

Profil: PLACER-OBJ: IMG ← IMG, IMF, POSITION

Conditions d'application: Le point d'application de l'objet doit appartenir à l'image sur laquelle on fixe l'objet.

Préconditions:

P-DANS-C(p, i.DIMIG)= vrai et
 imf.DEB= C-POSITION(*abs-min*, *ord-min*)

Commentaires: Cette opération est une MODIFICATION de l'image initiale par incrustation d'une partie d'image de forme quelconque sur une autre image. Elle diffère de la précédente par le fait qu'on travaille sur des objets de taille optimisée, on évite donc une translation dans l'opération.

Définition: PLACER-OBJ(i, imf, p)= ITER $_{fct,prop}$ avec
 fct: Si imf.FI.MATB(p1)= vrai alors
 MOD-MATG(i, TRANSLAN(p1, p), imf.IF.MATG(p1))
 prop: pour tout p1 tel que
 P-DANS-C(TRANSLNA(p1, p),
 REDUIRE-F(C-FENETRE(p, imf.FI.DIMIB), i.DIMIG).DIMF)= vrai

Annexe 2

LEXIQUE

- ADI** Agence De l'Informatique
- AF CET** Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique
- ANSI** American National Standard Institute
- ASCII** American Standard Code for Information Interchange
- ANTIOPE** Acquisition Numérique et Télévisualisable d'Images Organisées en Pages d'Ecriture
- ASH** A Sreen Handler
- AVI** Produit Audiovisuel Interactif
- BDI** Base de Données d'Images
- BWE** Brown Workstation Environnement
- CAO** Conception Assistée par Ordinateur
- CCETT** Centre Commun d'Etudes des Télécommunications et de la Télédiffusion
- CCITT** Consultative Commitee on International Telegraphy and Telephony
- CIE** Commission Internationale de l'Eclairage
- CMI** Centre Mondial Informatique et Ressource Humaine
- CNES** Centre National d'Etudes Spatiales
- CNET** Centre National d'Etudes des Télécommunications
- CRDP** Centre Régional de Documentation Pédagogique
- CSA** Canadian Standards Association

D Dimension de l'espace de travail 2D ou 3D

Définition

DFC Data Flow Control

DGT Direction Générale des Télécommunications

DMA Direct Access Memory

DON Disque Optique Numérique

DRAW Direct Read After Write videodiscs

DRCS Dynamical Redefined Character Set

D2-MAC-PAQUETS Procédé de codage d'images numériques pour la transmission par satellite (TDF-1, TV-SAT), D2: division par 2 du débit de la voie son et données; MAC: Multiplexage Analogique des Composants; Paquets: multiplexage temporel des composants des signaux (son et données, chrominance, luminance)

EDRAW Erasable DRAW videodiscs

EPARSE Editeur de parole et d'analyseurs de réponse dans un système d'EAO

ETCD Equipement de Terminaison du Circuit de Données, établit ou met fin à la liaison, assure le codage et la conversion du signal entre le terminal et la ligne

ETD Equipement Terminal de Données (ordinateur ou terminal), collecteur de données, assure le contrôle de la communication selon la procédure de transmission

ETTD-P Equipement Terminal de Transmission de Données en mode Paquet (X25)

ETTD-C Equipement Terminal de Transmission de Données en mode Caractères (asynchrone)

EXPRIM système EXPert pour la Recherche d'IMages

Gateway Convertisseur et adaptateur de protocoles lors d'interconnexion de réseaux

GKS Graphic Kernel System (normes américaines en graphique)

HDB Codage en bandes de base dans le réseau Transmic

HL DLC High Level Data Link Control procedure (transmission)

INA Institut National de la communication Audiovisuelle

INRIA Institut National pour la Recherche en Informatique et Automatique

INRP Institut National pour la Recherche Pédagogique

IREM Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques

ISO International Standard Organisation

Liaisons spécialisées Liaisons téléphoniques réservées en permanence

LPSI Langage de Programmation Spécialisé pour les Images

LUT Look Up Table, tables de correspondance

MIC Modulation par Impulsion et Codage

MIMD Multiple Instructions Multiple data (Architecture spécialisée de machine de traitement d'images)

NAPLPS North American Presentation Level Protocol Syntax

Niveaux de la norme ISO des systèmes ouverts

Physique (1), Liaison (2), Réseau (3), Transport (4), Session (5), Présentation (6), Application (7)

NFS Network File System: protocole de communication Sun, couches hautes du modèle OSI

NTSC National Television System Comitee, système américain de télévision en couleurs surnommé Never Twice Same Color par ses détracteurs (525 lignes, 6 MHz de bande passante)

ORASIS Vision pour un robot mobile

OSI Open System Interconnection

PAD Packet Assembly Disassembly (transmission, télérel)

PAL Phase Alternative Line, système allemand et européen (sauf la France) de télévision en couleurs (625 lignes, 7 MHz de bande passante)

PIXEL Picture Element

PME Petite ou moyenne entreprise

RFS Remote Filing System: protocole de communication ATT

RITD Réseau Intégrant Téléphone et Données

RNIS Réseau Numérique à Intégration de Services

146 IMAGE et EAO : l'illustrateur

ROV Read Only Videodiscs

RTC Réseau Téléphonique Commuté

RVB Rouge, Vert, Bleu système de codage de couleurs par synthèse additive

SAPIN Système d'Aide à la Programmation d'Images Numériques

SECAM (Séquentiellement et à mémoire) système français de télévision en couleurs (625 lignes, 8 MHz de bande passante)

SEP Société Européenne de Propulsion

SFP Société Française de Production

SIMD Single Instruction Multiple Data (Architecture spécialisée de machine de traitement d'images)

TDF Télé Diffusion de France

TRANSPAC Réseau maillé de TRANSMission de données par PAquets

TRIDENT Analyse de scènes tridimensionnelles

UHF Ultra Haute Fréquence (utilisé en télévision)

Unités K kilo= 10^3 , M mega= 10^6 , G giga= 10^9 , T téra= 10^{12}

VDI Virtual Device Interface

VLSI Very Large Scale Integrated (technologie de circuits imprimés)

Notice technique

Annexe 3

NOTICE TECHNIQUE

3.1 — LE FONCTIONNEMENT DE COLORIX

Les variables globales

Elles sont déclarées dans `../lib/c9.h` (fichier include), et réservées dans `../lib/c9data.s`. Ce fichier est intégré à la bibliothèque `c9lib.a`.

Il existe des variables globales dont il vaut mieux connaître l'existence:

- les registres *latch* et *mode* permettent de fixer quelles sont les tables de transcodage utilisées (il y a 8 tables disponibles pour chaque fondamentale 0..7) et le mode de visualisation **c9r_mod* et **c9r_latch* (**c9r_latch* en mode 8)
- le registre *mskw* donne les autorisations d'écriture en mémoire
- le registre *mskc* permet de sélectionner les pixels à écrire
- la variable *c96_col* permet lors de l'utilisation des fonctions graphiques de fixer la valeur de la variable à écrire en mémoire. L'écriture correspond à un "ou" logique entre la valeur *c96_col* et le masque d'écriture.

Le rôle des registres *mode* et *latch* est complexe.

Il y a quatre modes de visualisation qui permettent de voir la composante couleur (les bits 0..14) ou l'*overlay* (bit 15) suivant diverses combinaisons possibles.

Mode 0: si l'*overlay* est inactive (le bit 15 est à 0), la composante couleur est vue à travers les tables choisies dans les registres *mode* et *latch* (si elles sont activées). Si l'*overlay* est active (le bit 15 est à 1) on voit la valeur de la composante couleur à travers les tables 7.

Mode 1: quelle que soit la valeur du plan *overlay*, la composante couleur est vue à travers les tables 7.

Mode 2: si l'*overlay* est inactive, la composante couleur est vue à travers la table 7, si l'*overlay* est active, la composante couleur est vue à travers les tables définies dans les registres *mode* et *latch*.

Mode 3: quelle que soit la valeur de l'*overlay*, la composante couleur est vue à travers les tables définies dans les registres *mode* et *latch*.

Dans notre application, le mode 0 est utilisé presque constamment avec les règles suivantes. La composante couleur est vue à travers les tables 0 quand l'*overlay* est inactive, 7 quand l'*overlay* est active. Les tables 0 sont remplies linéairement pour chaque composante, suivant la fonction $7*n$, n varie de 0 à 31, pour rester en vraie couleurs. Les

tables 7 ont la valeur constante 255. Quelle que soit la valeur du pixel, si l'*overlay* est active on voit un point blanc.

Le mode 2 est utilisé pour voir des images filtrées. Dans une image filtrée, le filtre est réalisé par l'*overlay* qui est activée. Pour voir une image filtrée et ne voir que cela on remplit les tables 7 par la valeur 0 (elle correspond à l'absence de couleur: noir). En mode 2, seuls les points dont l'*overlay* vaut 1, sont vus à travers les tables 0 (en vraie couleur).

Le registre *mskw*, contient les autorisations d'écriture des 16 plans. On peut sélectionner une écriture en *overlay* seule (valeur hexa 8000), en mémoire image seule (valeur hexa 7fff), ou les deux (valeur hexa ffff). Tout autre combinaison est possible mais peu intéressante dans notre application.

Le registre *mskc* n'est pas exploitée dans notre travail. Il ne semble pas y avoir d'intérêt à écrire un pixel sur deux sauf peut-être pour obtenir des effets graphiques.

La valeur de *c96_col* comporte une composante couleur (les 15 bits 0..14) et la composante *overlay* (bit numéro 15).

3.2 — FONCTIONS DISPONIBLES EN MODE 16 BITS

Notre but n'est pas d'exposer toutes les fonctions disponibles dans le logiciel d'utilisation de Colorix, mais seulement quelques unes, fondamentales dans notre application.

Initialisation des variables permettant d'accéder au Colorix

FONCTION *c9open()*
FICHIER *../lib/c9open.c*

Cette fonction est nécessaire pour initialiser les variables contenues dans *c9data.s* et doit être appelée au début d'un programme de manipulation de Colorix. Elle établit les liens entre les adresses logiques et les adresses physiques.

Initialisation du Colorix

FONCTION *c96ini16()*
FICHIER *../lib/c96init.s*

Cette fonction est nécessaire pour initialiser Colorix suivant le mode de travail 16 bits. Elle doit être appelée au début. Il est possible de réinitialiser en cours de travail, mais les tables activées sont 0 0 0 pour les couleurs et les tests sur NEC conduisent à des bus err si par hasard les variables correspondantes n'ont pas été changées entre deux appels !! Le mode de visualisation est 0.

FONCTION *c90ini8()*
FICHIER *../lib/c90init.s*

Elle est identique à la précédente. Pour initialiser en mode 8. Elle est utilisée lors de l'appel aux fonctions graphiques.

Les fonction de modification de taille

Zoom hard du Colorix
FONCTION *c96zoom(z)*
int z; /*facteur de zoom 0..15 */
FICHIER *../lib/c96zoom.s*

C'est la partie en haut à gauche de la fenêtre de visualisation qui est zoomée. Il faut donc positionner cette fenêtre avant l'appel au zoom pour voir ce qu'on souhaite. 0 correspond à l'image telle quelle, 15 la multiplie par 16. La mémoire image n'est pas modifiée.

Définition de la fenêtre de visualisation

FONCTION *c96pan(x, y, r, nl)*
COORD x, y;
int r, nl;

x et y sont les coordonnées de l'origine de la fenêtre de visualisation dans la mémoire image

r: numéro de région 1 ou 2

nl: nombre de lignes à visualiser (maximum 575) encore qu'il semble bien que le nombre de lignes effectivement affiché soit le double de celui espéré, dans la limite des 575 lignes de visualisation possibles.

FICHIER *../lib/c96pan.s*

On peut voir simultanément deux parties de la mémoire image si le nombre de lignes total est compatible avec l'écran (575 maxi). Les variations effectives de position de la fenêtre se font ligne par ligne et seulement par blocs de 16 positions pour les variations en colonne.

FONCTION *C_VISU()*
FICHIER *../c/ut_divers.c*
Définition interactive de l'offset de lecture

FONCTION *VOIR(n)*

int n;

n 1..4 la mémoire est découpée en quatre zones de 512x512 pixels.

1= en haut à gauche 2= en haut à droite

3= en bas à gauche 4= en bas à droite

FICHIER *../c/ut_divers.c*

Correspond à 4 offsets de lecture possibles. Puisque l'écran permet de voir 768x575 points, la visualisation dépasse la zone demandée avec des effets de "scrolling" dans la mémoire image.

Modes de visualisation

FONCTION *c96mode()*
FICHIER *../c/ut_divers.c*
Sélection interactive du mode de visualisation.
FONCTION *c96mod(mode)*

int mode;

FICHIER *../c/ut_divers.c*

mode = 0 mode STORE de la documentation fournisseur

overlay actif à travers 7 7 7,

image suivant tr, tv, tb définies dans les registres *mode* et *latch*

mode = 1 mode UNION

image seule à travers 7 7 7

mode = 2 mode CLEAR

overlay actif suivant tr, tv, tb

image à travers 7 7 7

mode = 3 mode OU EXCLUSIF

image suivant tr, tv, tb

FONCTION *VOIR_IMC()*
FICHIER *../c/t_select.c*
Permet de retourner au mode classique de visualisation des images en couleur.

FONCTION *VOIR_IMF()*
FICHIER *../c/t_select.c*
Permet de voir uniquement les points marqués en *overlay*.

Les fonctions graphiques

Pour toutes les fonctions graphiques, les dessins se font suivant les autorisations d'écriture du registre *m_{skw}* et la valeur de *c_{96_col}*.

Position du point courant

FONCTION *c_{96pos}(x, y)*
 COORD *x, y*; /* abscisse et ordonnée */
 FICHER *../lib/c_{96subs}.s*

On sort en bus err si on dépasse les capacités de la mémoire *x* et *y* 0..1023. La désignation du point courant se fait à l'aide de la tablette, il est donc impossible de désigner un point situé hors de la mémoire.

Déplacement du point courant

FONCTION *c_{96mov}(dx, dy)*
 COORD *dx, dy*; /* variation des coordonnées depuis la position courante */
 FICHER *../lib/c_{96subs}.s*

Nettoyage d'une zone rectangulaire

FONCTION *c_{96clear}(dx, dy)*
 int *dx, dy*;
 FICHER *../lib/c_{96clear}.c*

La mémoire est remplie par la valeur 0x0000 suivant le masque d'autorisation d'écriture **c_{9r_mskw}*, ce qui permet d'effacer sélectivement la partie *overlay*, image, les deux ou des plans particuliers.

Trace d'un point

FONCTION *T_PLOT(x, y)*
 COORD *x, y*; /* coordonnées du point */
 FICHER *../c/t_graph.c*
 La position courante devient *x, y*

Trace d'un vecteur

FONCTION *c_{96vect}(dx, dy)*
 int *dx, dy*;
 FICHER *../lib/c_{96vect}.s*

Trace d'un vecteur à partir du point courant jusqu'au point de coordonnées relatives par rapport au point courant (*dx, dy*). Positionner le masque d'écriture avant d'utiliser la fonction (**c_{9r_mskw}*) ainsi que *c_{96_col}* (cf *c_{96fill}*)

Trace d'un polygone

FONCTION *POLYG()*
 FICHER *../c/t_polyg.c*

On désigne successivement les sommets du polygone.

Trace d'un cercle

FONCTION *T_CIRCLE()*
 FICHER *../c/t_graph.c*

On désigne le centre du cercle et un point quelconque qui lui appartient à l'aide de la tablette. Appelle la fonction *CERCLE(x, y, r)*.

FONCTION *CERCLE(x, y, r)*
 COORD *x, y*; /* coordonnées du centre du cercle */
 int *r*; /* rayon du cercle */
 FICHER *../c/ut_graph.c*
 Appelle la fonction *c_{90circ}(r)*.
 FONCTION *c_{90circ}(r)*
 FICHER *../lib/c_{90circ}.c*

Fonction de base du logiciel Colorix en mode 8.

Remplissage d'un rectangle

FONCTION *c_{96fill}(dx, dy)*
 int *dx, dy*;
 FICHER *../lib/c_{96fill}.s*

Remplissage à partir du point courant dans la zone limitée par *dx* et *dy* mais remplit suivant les autorisations d'écriture de **c_{9r_mskw}*, et la valeur constante attribuée est celle de *c_{96_col}*. Il faut donc que ces deux valeurs soient initialisées.

Remplissage d'un cercle

FONCTION *T_DISK()*
 FICHER *../c/t_graph.c*

La désignation des paramètres est identique à celle du cercle. Appelle la fonction *DISQUE(x, y, r)*.

FONCTION *DISQUE(x, y, r)*
 COORD *x, y*; /* coordonnées du centre du disque */
 int *r*; /* rayon du disque */
 FICHER *../c/ut_graph.c*

Appelle la fonction *c_{90disk}(r)*.

FONCTION *c_{90disk}(r)*
 int *r*; /* rayon */
 FICHER *../lib/c_{90disk}.c*

Fonction de base en mode 8.

Ecriture de texte

FONCTION *T_TEXTE()*
 FICHER *../c/t_graph.c*

Appelle la fonction *TEXTE(x, y, txt, font)*

FONCTION *TEXTE(x, y, txt, font)*
 COORD *x, y*; /* position de début d'écriture */
 char *txt[100]*; /* texte à écrire */
 int *font*; /* numéro de police */

Il y a deux polices actuellement disponibles numérotées 0 et 1. La deuxième police est en double largeur. Ecriture des caractères contenus dans *txt* par l'appel à la fonction *c_{90put}(c)*.

FONCTION *c_{90put}(c)*

char *c*;
 FICHER *../lib/c_{90qlet}.s*

Fonction de base en mode 8.

Les fonctions sur les couleurs et les tables

FONCTION *init_LUT()*

FICHER *../c/ut_divers.c*

Positionne le mode de visualisation à 0. Les tables sont remplies. La table 0 correspond à la vraie couleur, 7 à l'*overlay* (en blanc), 1 au noir, 2 négatif. A utiliser si on ne cherche pas à comprendre le fonctionnement des LUTs.

Sélection des tables de correction actives pour chaque couleur

FONCTION *c_{96ta}(tr, tv, tb)*

int *tr, tv, tb*; /* numéro de tables 0..7 */

FICHER *../lib/c_{96ta}.c*

L'appel à cette fonction modifie les registres *latch* et *mode*.

Accès aux tables de correction des couleurs

FONCTION c96tc(nt, c, rvb)
 int nt, /* numéro de table 0..7 */
 c, /* numéro de couleur 0..31 */
 rvb; /* valeur rvb en HEXA */
 FICHIER ../lib/c96tc.s

Affecte dans les tables nt, au niveau c, le découpage de rvb en 3x8 bits.

FONCTION c96tcRVB(nt, c, r, v, b)
 int nt /* numéro de table (0..7) */
 c, /* numero de couleur (0..31) */
 r, v, b; /* fondamentales (0..255) */
 FICHIER ../c/ut_divers.c

Affecte dans les tables nt, le résultat de la combinaison des trois valeurs r, v, b suivant le traitement de la fonction crvb.

FONCTION crvb(r, v, b)
 int r, v, b;
 FICHIER ../c/ut_divers.c

Transforme trois fondamentales en une seule valeur rvb. Cette fonction combine trois valeurs correspondant aux trois composantes rouge verte et bleue avec des décalages et des "ou" logique qui font qu'en cas de dépassement des valeurs des composantes (>255), on maîtrise difficilement le résultat de ces combinaisons. Ceci ne sert que pour passer les paramètres, la valeur obtenue est ensuite distribuée dans les trois tables r, v, b, après découpage de cette valeur en 3x8 bits.

Détermination d'une couleur
 FONCTION MIRE()
 FICHIER ../c/t_mire.c

Création d'une palette de couleur pour choisir la valeur de c96_col. La sélection se fait à l'aide de la tablette.

FONCTION T_CHOIX_VAL()
 FICHIER ../c/t_graph.c

Permet de choisir en plus de la couleur, la valeur de l'overlay.

Choix du mode d'écriture
 FONCTION CHOIX_ECR()
 FICHIER ../c/t_graph.c

Permet de choisir la valeur à écrire et les droits d'écriture.

Les fonctions de saisie d'images à partir d'une source extérieure (caméra, magnétoscope..)

Visualisation de la source
 FONCTION c96see()
 FICHIER ../lib/c96digit.s

Acquisition d'une image
 FONCTION c96stop()
 FICHIER ../lib/c96digit.s

Capture d'une image
 FONCTION c96pick(x, y, z)
 int x, /* abscisse de la position */
 y, /* ordonnée de la position */
 z; /* facteur d'agrandissement du zoom */
 FICHIER ../lib/c96digit.s

Ces fonctions n'ont pas pu être testées.

Manipulation de fichiers contenant des images

FONCTION C_IMFICH()
 FICHIER ../c/t_imfich.c

Création interactive d'un fichier de valeurs aléatoires.

FONCTION C_imfich(nomfich, ld, hd)
 char nomfich[20]; /* nom du fichier à créer */
 int hd, ld; /* dimensions: hauteur, largeur de l'image */

Création du fichier nommé par nomfich contenant hd*ld valeurs aléatoires. Sa taille est donc de hd*ld*2 octets

FONCTION LOAD_IM()
 FICHIER ../c/t_imfich.c

Chargement interactif d'une image contenue dans un fichier

FONCTION LOAD_im(nomfich, ld, hd, x, y, m)
 char nomfich[20]; /* nom du fichier à charger */
 int hd, ld; /* dimensions: hauteur, largeur de l'image */
 int x, y; /* position du début de recopie en mémoire image */

int m; /* permet de sélectionner les valeurs chargées suivant un masque hexa de 16 bits */
 Chargement en mémoire image de ld*hd pixels à partir de valeurs contenues dans le fichier nommé.

Remarque: pas de problèmes si la fin de fichier est atteinte, on remplit avec ce qu'on trouve dans la mémoire, bien souvent ffff.

FONCTION SAVE_IM()
 FICHIER ../c/t_imfich.c

Sauvegarde interactive d'une zone de la mémoire image.

FONCTION SAVE_im(nomfich, ld, hd, x, y)
 char nomfich[20]; /* nom du fichier de sauvegarde */
 int hd, ld; /* dimensions: hauteur, largeur de la zone sauvegardée */
 int x, y; /* position de début de zone sauvegardée */

FONCTION ADJ_CAT(nomcat, buff)

char nomcat[40];
 ENR buff;
 FICHIER ../c/t_imfich.c

Ajoute dans le catalogue donné, le contenu d'une zone où figurent les divers renseignements nécessaires correspondant à une image.

FONCTION LIR_CAT(nomcat, nomim, pbuff)

char nomcat[40];
 char nomim[40];
 ENR *pbuff;
 FICHIER ../c/t_imfich.c

Lit les renseignements concernant une image nommée dans un catalogue donné. Indique si on ne la trouve pas.

Lectures en mémoire image

FONCTION L_VMEM()
 FICHIER ../c/ut_divers.c

Lecture des valeurs contenues dans les différents registres, ainsi que la couleur courante c96_col.

FONCTION LIRE_PIX()
 FICHIER ../c/t_tablet.c

Lecture interactive de la valeur d'un pixel. Appel à la fonction LIR_pix. Le résultat est l'écriture de la décomposition en composantes couleur et *overlay* de la valeur du pixel.

FONCTION LIR_pix(ppix)

PIXEL *ppix;

FICHIER ../c/t_tablet.c

Désignation d'un pixel à l'aide de la tablette. Le résultat est la valeur hexa lue.

FONCTION lire_pix(x, y)

FICHIER ../c/ut_divers.c

Lecture de la valeur du pixel situé en x, y dans la mémoire image. Le résultat est l'écriture sur le terminal de la valeur hexadécimale lue.

Les fonctions de recopie

Recopie interactive d'une zone de la mémoire

FONCTION T_RASTER()

FICHIER ../c/t_graph.c

Recopie la partie d'image comprise entre x2, y2, dx, dy à partir de la position x1, y1 par l'appel de la fonction COPIER(x1, y1, x2, y2, dx, dy)

FONCTION COPIER(x1, y1, x2, y2, dx, dy)

FICHIER ../c/ut_graph.c

int x1, y1, x2, y2, /* positions */

dx, dy; /* largeur, hauteur */

Recopie à partir de la position x1, y1, la zone de la mémoire image définie par la position asg x2, y2 de largeur dx, de hauteur dy, en appelant la fonction c90rstxy(dx, dy, x, y).

FONCTION c90rstxy(dx, dy, x, y)

FICHIER ../lib/c90rstxy.c

Fonction de base travaille en mode 8

FONCTION C_FEN(x1, y1, x2, y2, pf)

COORD x1, y1, /* coordonnées du point en haut à gauche */

x2, y2; /* coordonnées du point en bas à droite */

FENETRE *pf;

FICHIER ../c/ut_divers.c

Création d'un objet de type fenêtre à partir de deux points diagonalement opposés.

FONCTION E_fen(f)

FENETRE f;

FICHIER ../c/t_select.c

Effacement d'une fenêtre tracée en *overlay*

FONCTION DESS_fen(f)

FENETRE f;

FICHIER ../c/t_select.c

Trace en *overlay* une fenêtre

FONCTION P_DANS_C(p, c)

POSITION p;

FENETRE c;

FICHIER ../c/t_select.c

Teste si une position est contenue dans une fenêtre rend 1 si c'est vrai, 0 sinon.

FONCTION F_DANS_C(f, c)

FENETRE f, c;

FICHIER ../c/t_select.c

Teste si une fenêtre est définie ou non dans un cadre 1 si c'est vrai 0 sinon.

FONCTION REDUIRE_F(pf, c)

FENETRE *pf, c;

FICHIER ../c/t_select.c

Réduit et modifie la fenêtre *pf afin qu'elle soit interne au cadre c.

Les fonctions de sélection

FONCTION SEL_VPIX(c, col)

FENETRE c;

PIXEL col;

FICHIER ../c/t_select.c

Sélection de tous les points appartenant à une zone de travail c ayant une valeur donnée col.

FONCTION T_COPIER()

FICHIER ../c/t_select.c

Détermination d'une zone à l'aide d'une fenêtre de sélection et recopie dans la mémoire image

FONCTION SMITH()

FICHIER ../c/t_smith.c

Sélectionne une zone de forme quelconque, interne à un contour fermé marqué en *overlay* (algorithme de SMITH). Si le contour n'est pas fermé il y a des "fuites" c'est pourquoi on limite une zone de travail.

Les fonctions de sauvegarde et de restauration en mémoire image

La mémoire image est divisée en 4 zones:

la zone de travail et de résultat (1) en haut à gauche

la zone contenant l'image d'origine (2) en haut à droite

la zone contenant le fond ou l'état précédent (3) en bas à gauche

la zone de sauvegarde temporaire (4) en bas à droite

Pour restaurer/sauver ces différentes zones on peut utiliser un masque d'écriture (*image +overlay*: ffff, *overlay* seule: 8000, *image* seule: 7fff. Toute autre combinaison pour est possible).

3.3 - L'ENCHAINEMENT DES MENUS

Menu PRINCIPAL Colorix

Remplir vider lire des zones en mémoire	1
Acquérir des images	2
Définir la fenêtre de visualisation	3
Manipuler des fichiers images	4
Utiliser des fonctions graphiques	5
Sélectionner/copier des zones	6
Sauvegarder	7
Restaurer	8
Utiliser la tablette	9
Lire quelques variables en mémoire	0
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu ACQUISITION D'IMAGES

Visualisation de la source	1
Acquisition d'une image	2
Capture d'une image	3
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu VISU

Définition d'une zone quelconque	1
Choix d'une off-set	2
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu MEMOIRE

Vider une zone de la mémoire image	1
Vider une zone <i>overlay</i>	2
Vider une zone image	3
Vider une zone suivant un masque	4
Remplir une zone de la mémoire image	5
Remplir une zone <i>overlay</i>	6
Remplir une zone image	7
Remplir une zone suivant un masque	8
Choisir une couleur de remplissage	9
LIRE un PIXEL	0
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu IMAGE FICHIER

Création d'un fichier-image (aléatoire)	1
Charger une image fichier -> mémoire	2
Sauvegarde d'une zone mémoire -> fichier	3
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu GRAPHIQUE

Où voir ?	0
Quelle COULEUR, écrire, effacer ?	1
Quels effets, que voir ?	2
Effacement d'une zone mémoire	3
Trace d'un point	4
Trace de traits	5
Trace d'un cercle	6
Trace d'un rectangle	7
Remplissage d'un disque	8
Remplissage d'un rectangle	9
Coloriage de ovl dans une zone	11
Recopie d'une zone	12
Agrandissement de l'image	13
Fin d'agrandissement	14
Ecrire du texte	15
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu SELECT

Définition d'une ZONE de TRAVAIL	0
Où voir ? dans quelle offset travailler	1
Sélection de l'intérieur d'une fenêtre	2
Sélection de l'extérieur d'une fenêtre	3
Sélection de l'intérieur d'un contour	4
Sélection de positions suivant couleur	5
Copier une zone de la mémoire image	6
Copier une image filtrée avec son filtre	7
Incruster une image filtrée sans son filtre	8
Incruster une image couleur sans ovl	9
Voir des images filtrées	11
Retour au mode normal	12
QUITTER	10
Votre Choix :	

Menu SAUVEGARDE

Sauvegarde de la zone de travail -> tempo	1
zone de travail -> fond	2
source -> fond	3
Donner le masque des sauvegardes	4
QUE voir	5
Où voir	6
Sauvegarde de l'environnement	7

QUELQUES RENSEIGNEMENTS 0
 QUITTER 10

Votre Choix :

Menu RESTAURER

Copier z_tempo 4 -> z_travail 1	1
Copier fond 3 -> z_travail 1	2
Copier source 2 -> z_travail 1	3
Donner le masque de recopie	4
QUE voir	5
Où voir	6
Restaurer l'environnement Colorix	7

QUELQUES RENSEIGNEMENTS 0
 QUITTER 10

Votre Choix :

Menu TABLETTE

Où voir? choix d'une off-set	1
Définition d'une fenêtre	2
Déplacement de la fenêtre visualisée	3
Acquisition d'un contour	4
Modification d'un contour	5
Effacement de l'overlay	6
Lire un pixel	7
Dessin du dernier tracé en COULEUR	8
Acquisition d'un CONTOUR polygonal	9
Zoom d'une zone	11
Fin de zoom	12
Mire, choix d'une couleur	13
Remplissage d'une zone désignée	14

Désignation d'un point sur l'écran 0
 QUITTER 10

Votre Choix :

3.4 - QUELQUES EXEMPLES DE PROGRAMMES ECRITS EN LANGAGE C

```

/*****
 *
 *
 *      FICHIER colorix.c
 *      test des diverses fonctions du logiciel complementaire
 *      Date de creation :
 *****/
#include <stdio.h>
#include <sgtty.h>
#include "../lib/c9.h"
#include "../lib/tete.h"

main()
{
  int choix;
  struct _sgh; /* variable globale pour quitter l'arborescence des menus */
  int xc,yc; /* position courante */
  short amv; /*ancien masque d'écriture */
  char aml; /*ancien masque latch */
  am; /*ancien masque mode */

  I_COLORIX(); /*initialisation des variables et du Colorix */

  do {printf(" \n");
      printf("          MENU PRINCIPAL Colorix\n");
      printf(" \n");
      printf("Remplir vider lire des zones en memoire 1\n");
      printf("Changer les LUTs et les couleurs 2\n");
      printf("Definir la fenetre de visualisation 3\n");
      printf("Manipuler des fichiers images 4 \n");
      printf("Utiliser des fonctions graphiques 5\n");
      printf("Selectionne des zones 6 \n");
      printf("Sauvegarder 7 \n");
      printf("Restaurer 8\n");
      printf(" \n");
      printf("Lire quelques variables en memoire 9\n");
      printf("quitter 10\n");
      printf("          Votre Choix :");
      scanf("%d",&choix);
      switch (choix)
      {
        case 0 : I_VMEM();
                break;
        case 1 : MENU_MEM();
                break;
        case 2 : MENU_LUT();
                break;
        case 3 : MENU_VISU();
                break;
        case 4 : MENU_FICH();
                break;
        case 5 : MENU_GRAPH();
                break;
        case 6 : MENU_SELECT();
                break;
        case 7 : MENU_SAUV();
                break;
        case 8 : MENU_REST();
                break;
        case 10 : printf("fin de session \n");
                 break;
      }
    }
    while (choix != 10);
  }

```

```

/*****
 * Fichier ut_graph.c : utilitaires graphiques communs
 *****/
#include "stdlib.h"
#include "../lib/c9.h"
#include "../lib/tete.h"

COPIER(x1,y1,x2,y2,dx,dy)
int x1,y1, /*position de debut de recopie */
x2,y2, /*debut de la zone a recopier */
dx,dy; /*largeur et hauteur de la zone a recopier */

{
    char *mskf,amaskv; /* sauvegarde des masques */
    short *mskw;

    maskf = *c9r_maskf;
    maskv = *c9r_maskv;
    *mskf = *c9r_maskf;
    *mskw = *c9r_maskv;
    *c9r_maskf = 0xff;
    c90ini8(); /* obligatoire pour initialiser en mode 8 */
    c90_mode = SET; /* mode = 8 */
    /* La zone a recopier doit être définie dans la memoire image */
    if ((x1+dx)>1023) dx = 1023-x1; /* test de depassement de capacite */
    if ((y1+dy)>1023) dy = 1023-y1;
    c90pos(x1,y1);
    /* Recopie de la premiere partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de p*/
    *c9r_maskv = *mskw;
    c90staty(dx,dy,x2,y2);
    /* Recopie de la deuxieme partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de P*/
    c90mov(0,1024);
    *c9r_maskv = (*mskw >> 8);
    c90staty(dx,dy,x2,y2+1024);
    /* Restauration de la position courante */
    c90mov(0,-1024);
    /* on restaure les masques */
    *c9r_maskf = *mskf;
    *c9r_maskv = *maskv;
    *c9r_maskv = *mskw;
    /* Retour au mode 16 dans le programme appelant */
    c90ini16();
}

/*****
 * TEXTE(x,y,txt,font)
 * Int x,y, /* debut du texte */
 * font; /* numero de police */
 * char txt[100];
 */
{
    char *mskf,amaskv; /* sauvegarde des masques */
    short *mskw;
    int i,lon;

    switch (font)
    {
        case 0 : c90_font = char0;
                break;
        case 1 : c90_font = char711;
                break;
        default: c90_font = char0;
    };

    lon = strlen(txt);
    *mskf = *c9r_maskf;
    *maskv = *c9r_maskv;
    *mskw = *c9r_maskv;
    *c9r_maskf = 0xff;
    c90ini8(); /* obligatoire pour initialiser en mode 8 */
    c90_mode = SET; /* mode = 8 */
    c90pos(x,y);
    /* Dessin de la premiere partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de p*/
    c90_col = c90_col;
    *c9r_maskv = *mskw;
    for (i=0; i<lon; i++)
        c90put(txt[i]);
    /* Dessin de la deuxieme partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de P*/
    c90_col = (c90_col >> 8);
    c90pos(x,y+1024);
    *c9r_maskv = (*mskw >> 8);
    for (i=0; i<lon; i++)
        c90put(txt[i]);
    c90pos(x,y); /* Restauration de la position courante */
    *c9r_maskf = *mskf; /* on restaure les masques */
    *c9r_maskv = *maskv;
    *c9r_maskv = *mskw;
    c90ini16(); /* Retour au mode 16 dans le programme appelant */
}

```

```

/*.....*/
CERCLE(x,y,r)
int x,y, /* centre du cercle */
r, /* rayon du cercle */
{
    char anskf,amask; /* sauvegarde des masques */
    short anskv;

    /* la zone a recopier doit etre definie dans la memoire image */
    if (((x-r)<0)||((x+r)>1023)||((y-r)<0)||((y+r)>1023))
        printf("r est trop grand pour qu'on puisse tracer le cercle en totalite \n");

    else {
        anskf = *c9r_ankf;
        amaskv = *c9r_maskv;
        anskv = *c9r_ankv;
        *c9r_ankf = 0xff;
        c90in16(); /* obligatoire pour initialiser en mode 0 */
        c90_mode = SET; /* mode = 0 */
        c90pos(x,y);
        /* Dessin de la premiere partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de PR */
        c90_col = c90_col;
        *c9r_maskv = anskv;
        c90clr(r);
        /* Dessin de la deuxieme partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de PP */
        c90_col = (c90_col >> 8);
        *c9r_maskv = (anskv >> 8);
        c90mov(0,1024);
        c90clr(r);
        c90mov(0,-1024); /* Restauration de la position courante */
        *c9r_ankf = anskf; /* on restaure les masques */
        *c9r_maskv = amaskv;
        *c9r_ankv = anskv;
        c90in16(); /* Retour au mode 16 dans le programme appelant */
        ; /* fin de trace */
    }
}

/*.....*/
DISQUE(x,y,r)
int x,y, /* centre du disque */
r, /* rayon du disque */
{
    char anskf,amask; /* sauvegarde des masques */
    short anskv;

    /* la zone a recopier doit etre definie dans la memoire image */
    if (((x-r)<0)||((x+r)>1023)||((y-r)<0)||((y+r)>1023))
        printf("r est trop grand pour qu'on puisse tracer le disque \n");

    else {
        anskf = *c9r_ankf;
        amaskv = *c9r_maskv;
        anskv = *c9r_ankv;
        *c9r_ankf = 0xff;
        c90in16(); /* obligatoire pour initialiser en mode 0 */
        c90_mode = SET; /* mode = 0 */
        c90pos(x,y);
        /* Dessin de la premiere partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de PR */
        c90_col = c90_col;
        *c9r_maskv = anskv;
        c90clr(r);
        /* Dessin de la deuxieme partie suivant le masque d'écriture des 8 bits de PP */
        c90_col = (c90_col >> 8);
        c90mov(0,1024);
        *c9r_maskv = (anskv >> 8);
        c90clr(r);
        c90mov(0,-1024); /* Restauration de la position courante */
        *c9r_ankf = anskf; /* on restaure les masques */
        *c9r_maskv = amaskv;
        *c9r_ankv = anskv;
        c90in16(); /* Retour au mode 16 dans le programme appelant */
        ; /* fin de trace */
    }
}

```

```

/*.....*/
/*
 * Fichier t_graph.c: utilitaires graphiques avec tablette graphique
 *
 *
 *.....*/
#include <stdio.h>
#include "../lib/c9.h"
#include "../lib/tete.h"
#include <math.h>

/*..... Recopie d'une zone en memoire image .....*/
T_RASTER()
{
    FENETRE f, /* zone a recopier */
    c; /* zone ou recopier */
    COORD xd,yd, /* coordonnees de depart */
    xa,ya, /* coordonnees d'arrivee */
    dx,dy;

    int ix1,iy1; /* coordonnees dans visu */

    printf("Designez la zone a recopier \n");
    C_FEN(&f);
    kd=woffr-f.asg.abs; /* coordonnees memoire */
    yd=woffy-f.asg.ord;
    printf("Ou doit-on recopier ? ");
    C_VISU();
    printf("Designez la position de debut de recopie \n");
    designptecr(&ix1,&iy1);
    xa=woffx-ix1,ya=woffy-iy1; /* coordonnees memoire */
    C_FEN(xa,ya,xa+f.dinf.largueur,ya+f.dinf.hauteur,&c);
    if(F_BANS_C(c,closure)** 0)
        (REQUIRE_F(c,closure);
         C_FEN(f.asg.abs.f.asg.ord,c.dinf.largueur,c.dinf.hauteur,&f);
        );
    COELER(xa,ya,xd,yd,f.dinf.largueur,f.dinf.hauteur);
}

/*.....*/
T_TEXT()
{
    int ix1,iy1, /* position du debut du texte */
    font; /* police choisie */
    char txt[100];
    COORD x,y;

    printf("Choisir la police 0=CHAR8, 1=CHAR711 (double largeur) : ");
    scanf("%d",&font);
    gets(txt); /* pour absorber le dernier retour chariot */
    printf(" Donnez le texte : \n");
    gets(txt); /* pour saisir des blancs dans les chaines de caracteres */
    printf("Designez la position du debut de texte \n");
    designptecr(&ix1,&iy1);
    x=woffx-ix1,y=woffy-iy1; /* coordonnees memoire */
    TEXTE(x,y,txt,font);
}

/*.....*/
T_CERCLE()
{
    int ix1,iy1,ix2,iy2,
    r,rdeux;
    COORD x,y;

    printf("Donnez la position du centre du cercle \n");
    designptecr(&ix1,&iy1);
    x=woffx-ix1,y=woffy-iy1;
    printf("Designez un point sur le cercle \n");
    do { designptecr(&ix2,&iy2);
        } while ((abs(ix2-ix1)<5) || (abs(iy2-iy1)<5));
    rdeux=(ix2-ix1)*(ix2-ix1)+(iy2-iy1)*(iy2-iy1);
    r = (int)sqrt((double)rdeux);
    CERCLE(x,y,r);
}

/*.....*/
T_DISK()
{
    int ix1,iy1,ix2,iy2,
    r,rdeux;
    COORD x,y;

    printf("Donnez la position du centre du cercle \n");
    designptecr(&ix1,&iy1);
    x=woffx-ix1,y=woffy-iy1; /* coordonnees memoire */
    printf("Designez un point sur le cercle \n");
    do { designptecr(&ix2,&iy2);
        } while ((abs(ix2-ix1)<5) || (abs(iy2-iy1)<5));
    rdeux=(ix2-ix1)*(ix2-ix1)+(iy2-iy1)*(iy2-iy1);
    r = (int)sqrt((double)rdeux);
    DISQUE(x,y,r);
}

```

```

}
/*.....*/
T_MENU_GRAPH()
{ int choix,n;
  ix,iy;
COORD  x,y;
FENETRE f;

do {
  printf("\n");
  printf("      MENU GRAPHIQUE \n");
  printf("\n");
  printf("Ou voir ?          0\n");
  printf("Quelle COULEUR, ecrire, effacer ? 1\n");
  printf("Quels effets, que voir ?      2\n");
  printf("Effacement d'une zone noire   3\n");
  printf("Trace d'un point              4\n");
  printf("Trace de traits               5\n");
  printf("Trace d'un cercle            6\n");
  printf("Trace d'un rectangle         7\n");
  printf("Remplissage d'un disque      8\n");
  printf("Remplissage d'un rectangle  9\n");
  printf("Coloriage de owl dans une zone 11\n");
  printf("Recopie d'une zone          12\n");
  printf("Agrandissement de l'image    13\n");
  printf("Fin d'agrandissement        14\n");
  printf("Ecrire du texte              15\n");
  printf("\n");
  printf("QUITTER          16\n");
  printf("  Votre Choix  :");
  scanf("%d",&choix);
  switch (choix)
  { case 0 : C_VISU(); break;
    case 1 : CHOIX_ECR(); break;
    case 2 : do { printf("\n");
                printf(" Que voir? im=ovl =0, rien =1, owl=2, im=3 : ");
                scanf("%d",&n);
                } while ((n<0) || (n>3));
            c96ocd(n); break;
    case 3 : C_fen(&f);
            c96pos(f.ang.abs+woffx,f.ang.ord+woffy);
            c96clnax(f.dimf.largueur,f.dimf.hauteur);
            break;
    case 4 : designtscr(&ix,&iy);
            x=woffx+ix;y=woffy+iy;
            T_PLOT(x,y);
            break;
    case 5 : POLYG();
            break;
    case 6 : T_CIRCLE();
            break;
    case 7 : C_fen(&f);
            c96pos(woffx*f.ang.abs,woffy*f.ang.ord);
            c96vect(f.dimf.largueur,0);
            c96vect(0,f.dimf.hauteur);
            c96vect(-f.dimf.largueur,0);
            c96vect(0,-f.dimf.hauteur);
            break;
    case 8 : T_DISK(); break;
    case 9 : C_fen(&f);
            c96pos(woffx*f.ang.abs,woffy*f.ang.ord);
            c96fill(f.dimf.largueur,f.dimf.hauteur);
            break;
    case 10 : printf("fin de session GRAPHIQUE\n"); break;
    case 11 : printf("Designez la zone a colorier \n");
            C_fen(&f);
            COLOR_lage(f);
            break;
    case 12 : T_BASTER(); break;
    case 13 : ZOOM(); break;
    case 14 : FINZOOM(); break;
    case 15 : T_TEXT(); break;
  };
  printf("\n");
}
while (choix != 10);
}

/*.....Choisir son mode d'écriture.....*/
CHOIX_ECR()
{int o;
printf("  Ou ecrire, de quelle couleur \n");
do {printf(" Overlay seule   Ecrire=1   Effacer=2\n");

```

```

printf(" Image seule   Incruster une couleur=3 Effacer=4\n");
printf(" Image ET overlay Incruster une valeur =5 Effacer=6 \n");
printf("  Annuler=0 votre choix : ");
  scanf("%d",&o);
  } while ((o<0) || (o>6));

  switch (o)
  {case 0:break;
   case 1: c9r_awk=0x0000;c96_col=0x0000;break;
   case 2: c9r_awk=0x0000;c96_col=0;break;
   case 3: c9r_awk = 0x7fff; NIRE();break;
   case 4: c9r_awk = 0x7fff; c96_col=0;break;
   case 5: c9r_awk = 0x7fff; T_CHOIX_VAL();break;
   case 6: c9r_awk = 0xffff; c96_col=0;break;
  };
}

/*.....Determiner la valeur courante de c96_col .....*/
T_CHOIX_VAL()
{int o;
NIRE();
printf("Overlay active=i ou non=0 :");
scanf("%d",&o);
c96_col = ((o << 15) | c96_col);
}

/*..... ecrire un point .....*/
T_PLOT(x,y)
{int x,y;
  (p1=1) addr;
  adr = c9r_awk+(y<=400)*x;
  *adr = c96_col;
}

```

```

/*****
 *
 *      FICHIER ut_divers.c
 *      Quelques fonctions utiles
 *
 *****/
#include "../lib/c9.h"
#include "../lib/tete.h"

/*..... Initialisation de Colorix et de ses variables .....*/
I_COLORIX()
{c9Open();
 c9Einit16();
 c9Epos(0,0);
 c9E_col = 0x7fff;
 init_LUT();
 VOIR(1);
}

/*..... Je travaille pour vous .....*/
init_LUT()
{int col;
 c9Einit16();
 for (col=0; col<32; col++)
 { c9EtoRVB(0,col,col*7,col*7,col*7); /* vraies couleurs */
   c9EtoRVB(1,col,0,0,0); /* tout noir */
   c9EtoRVB(2,col,(32-col)*7,(32-col)*7,(32-col)*7); /* le negatif */
   c9EtoRVB(3,col,col*3,col*7,col*10); /* quelques tables farfelues */
   c9EtoRVB(4,col,col*10,col*5,col*7);
   c9EtoRVB(5,col,col*7,col*7,col*5);
   c9EtoRVB(6,col,col*2,col*7,col*7);
   c9EtoRVB(7,col,255,255,255); /*tout blanc */
 }
}

/*.....quelques fonctions pour manipuler les couleurs .....*/
crvb(r,v,b)
int r,v,b;
{ return ((r<<16) | (v<<8) | b); }

c9EtoRVB(a,n,r,v,b)
int a,n,r,v,b;
{ c9Eto(a, n, crvb(r,v,b));}

/*.....creation de tables de modification de couleurs .....*/
c9ELUT(numto)
int numto;
{int col,cr,cv,cb;
 printf("table numero %d \n",numto);
 printf("Donnez trois coefficients pour r v b (0..7 conseilles) : ");
 scanf("%x%x%x",&cr,&cv,&cb);
 for (col=0; col<32; col++)
   c9EtoRVB(numto,col,col+cr,col+cv,col+cb);
 printf(" \n");
}

/*..... Creation de tables de constantes .....*/
constLUT(numto,cr,cv,cb)
int numto,cr,cv,cb;
{int col;
 for (col=0; col<32; col++)
   c9EtoRVB(numto,col,cr,cv,cb);
}

/*.....choisir les tables: modifie les masques mode et latch .....*/
c9EchLUT()
{int tcr,tcv,tcb;
 char d;

d = '09r_ltoh; printf("Registres latch %x \n",d);
d = '09r_mode;printf(" mode %x avant \n",d);
do {printf("Choisissez trois LUT entre 0..7 : ");
   scanf("%x %x %x",&tcr,&tcv,&tcb);
   while ((tcr>7)||((tcr>7)||((tcr>7)||((tcb>7)||((tcb>7)||((tcb>7)||((tcb>7)))))))));
c9Eto(tcr,tcv,tcb);
d = '09r_ltoh; printf("Registres latch %x \n",d);
d = '09r_mode;printf(" mode %x apres \n",d);
}

/*.....selectionner ce qu'on voit (reg.mode bits 2-3).....*/
c9Eacode()
{int mode;
 char d;
}

```

```

d = *c9r_ltoh; printf("Registres latch %x ",d);
d = *c9r_mode; printf(" mode %x avant \n",d);
do {
    printf("Que voir 0: verlay a travers p7, image suivant tr,tv,tb \n");
    printf("      1: image a travers p7 \n");
    printf("      2: overlay suivant tr,tv,tb, image a travers p7 \n");
    printf("      3: image suivant tr,tv,tb \n");
    printf("Votre choix : ");
    scanf("%d",&mode);
    } while ((mode<0) || (mode >3));
printf(" \n");
c96mod(mode);
d = *c9r_ltoh; printf("Registres latch %x ",d);
d = *c9r_mode; printf(" mode %x apres \n",d);
}

c96mod(mode)
int mode;
(char c,d;
d = *c9r_mode;
c=mode<<2;
d = (d&0xf); d = (d|c);
c96stout();
*c9r_mode=d;
}

/*..... Determination d'une valeur coul=ovl.....*/
CHOIX_VAL(pcou)
unsigned short *pcoul;

{int r,v,b,ovl;
printf("Choisissez les trois niveaux r,v,b entre 0..31 : ");
scanf("%d%d%d",&r,&v,&b);
if (r<0) r=0;if (v<0) v=0;if (b<0) b=0;
if (r>31) r=31;if (v>31) v=31;if (b>31) b=31;
printf("Overlay active ou non? non=0 oui=1 : ");
scanf("%d",&ovl);
if (ovl<0) ovl=0;if (ovl>1) ovl=1;
*pcoul = ((ovl<15)|(b<10)|(v<5)|r);
}

/*..... Creation d'une fenetre .....*/
C_FEN(x1,y1,x2,y2,pf)
FENETRE *pf;
COORD x1,y1,x2,y2;
{
(*pf).ag.abs = MIN(x1,x2);
(*pf).ag.ord = MIN(y1,y2);
(*pf).dimf.largueur = abs(x2-x1);
(*pf).dimf.hauteur = abs(y2-y1);
}

/*..... Ecriture des valeurs d'une fenetre.....*/
EER_FEN(f)
FENETRE f;
{int rep;
printf(" \n");
printf("ASG abs: %d ord: %d \n",f.ag.abs,f.ag.ord);
printf("DIMF larg: %d haut: %d \n",f.dimf.largueur,f.dimf.hauteur);
printf(" \n");
scanf("%d",&rep);
}

/*..... Choix de trois fondamentales .....*/
CHOIX_RVB(pr,pv,pb)
unsigned short *pr,*pv,*pb;
{int r,v,b;

printf("Choisissez les trois niveaux r,v,b entre 0..31 : ");
scanf("%d%d%d",&r,&v,&b);
if (r<0) r=0;if (v<0) v=0;if (b<0) b=0;
if (r>31) r=31;if (v>31) v=31;if (b>31) b=31;
}

/*..... Lecture de variables en memoire .....*/
L_VMEM()
{int m,c,r,v,b,o;
short sr,sv,sb,so;

printf(" Les variables de COLORIX \n");
printf(" \n");
printf("Les masques d'écriture mskv: %x mskw: %x msko: %x mskf: %x \n",
*c9r_mskv & 0x0000ffff, *c9r_mskw & 0x000000ff,
*c9r_msko & 0x0000ffff, *c9r_mskf & 0x000000ff);
}

```

```

DEC_LUT(&r,&v,&b);
printf("Les tables de couleurs \n");
printf("r=%x ",(r & 0x000000ff));
if (r?) printf("non ");
printf("active ");
printf("v=%x ",(v & 0x000000ff));
if (v?) printf("non ");
printf("active ");
printf("b=%x ",(b & 0x000000ff));
if (b?) printf("non ");
printf("active ");
DEC_MOD(&m);
printf("Le mode de visualisation mod=%x \n",m);
DEC_COL(c96_col,&sr,&sv,&sb,&so);
r=sv;v=sv;b=sb;o=so; /* transformation short int */
printf("La couleur : %x en r=%d v=%d b=%d over=%d \n",c96_col,r,v,b,o);
printf(" \n");
}

/*..... Decomposition d'une couleur c en fondamentales ...*/
DEC_COL(c,pr,pv,pb,po)
unsigned short c;
*pr,*pv,*pb,*po;
{ if (c > 0x7fff) (*po=1); else (*po=0);
*pr = (c & 0x00ff);
*pv = ((c & 0x0300) >> 5);
*pb = ((c & 0x7c00) >> 10);
}

/*..... Decomposition des registres identifiant les LUTs.....*/
DEC_LUT(plr,plv,plb)
int *plr,*plv,*plb;
(*plr = (*c9r_ltoh & 0x0f);
*plv = (*c9r_ltoh & 0xf0);
*plb = (*c9r_mode & 0xf0);
}

/*..... Decomposition du registre identifiant le mode de visualisation ..*/
DEC_MOD(pm)
int *pm;
*pm = ((*c9r_mode & 0xc) >> 2);
}

/*..... DEFINITION de 4 offset de lecture/écriture.....*/
C_VISU()
{ int n;

printf(" \n");
do {
printf("quelle est la zone a visualiser? 1..4 : ");
scanf("%d",&n);
} while ((n<1) || (n>4));
VOIR(n);
printf(" \n");
}

VOIR(n)
int n;
{
switch (n)
{ case 1 : vxol=0; vyol=0;vn[1]=512;break;
case 2 : vxol=512; vyol=0;vn[1]=512;break;
case 3 : vxol=0; vyol=512;vn[1]=512;break;
case 4 : vxol=512; vyol=512;vn[1]=512;break;
default: vxol=0; vyol=0;vn[1]=512;break;
};
woffx=vxol[1];woffy=vyol[1];roffx=vxol[1];roffy=vyol[1];
c96pan(vxol[1],vyol[1],vn[1]);
cloture.ag.abs=woffx; cloture.ag.ord = woffy;
cloture.dimf.largueur=511; cloture.dimf.hauteur= 511;
}

/*..... OU ECRIRE ? .....*/
*_autoris()
{
int choix,m;

printf(" \n");
printf("Ancienne valeur %x \n", *c9r_mskv);
do { printf("Ecriture en overlay =0, en memoire image =1 \n");
printf(" les deux =2, suivant un masque = 3 \n");
printf("Votre choix : \n");
scanf("%d",&choix);
} while ((choix<0) || (choix > 3));
printf(" \n");
switch (choix)
{ case 0 : *c9r_mskv = 0x0000; break;
case 1 : *c9r_mskv = 0x7fff; break;
}
}

```

```

case 2 : *c9r_mskw = 0xffff; break;
case 3 : printf("Donnez le masque en hexa pour les 16 plans : ");
        scanf("%x",&msk);
        *c9r_mskw = m; break;
}
)

/*..... POSITION COURANTS .....*/
/*..... LIRE UN PIXEL .....*/
lire_pix(x,y)
int x,y; /* position donnee */
{pixel pi,*adr;

adr= c9r_g16+(y*0x400)*x; /* calcul de l'adresse en memoire */
pi = *adr;
printf(" valeur %x \n", ( pi & 0xffff));
}

/*.....
= Procdures similaires videograph pour utilisation de la
= tablette graphique avec le logiciel
.....*/
HLINE(ix,ly,n, val)
COORD ix,ly,n;
PIXEL val;
{pixel col;
unsigned short mskw;

if ((ix>0) && (ly>0))
{ col = c96_col;
mskw = *c9r_mskw; *c9r_mskw = 0x0000;
c96_col = val;
c96pos(ix*woffx,ly*woffy);
if (ix*woffx+n > 1023) n=1023-ix*woffx;
c96vect(n);
*c9r_mskw = mskw ;
c96_col= col;
}

VLINE(ix,ly,n, val)
COORD ix,ly,n;
PIXEL val;
{pixel col;
unsigned short mskw;

if ((ix>0) && (ly>0))
{ col = c96_col;
mskw = *c9r_mskw; *c9r_mskw = 0x0000;
c96_col = val;
c96pos(ix*woffx,ly*woffy);
if (ly*woffy+n > 1023) n=1023-ly*woffy;
c96vect(0,n);
*c9r_mskw = mskw ;
c96_col= col;
}

HWRITE(ix,ly,n,buf)
COORD ix,ly,n;
PIXEL buf[]; /* pour compatibilite tablette */
{PIXEL *adr0,*adr;
unsigned short mskw;
int i;

if ((ix>0) && (ly>0))
{mskw= *c9r_mskw; *c9r_mskw = 0xffff;
adr0=c9r_g16+(woffy*0x400)+woffx;
adr= adr0+(ly = 0x400)*ix;
i=0;
while ((ix-1 < 1023) && (i<n))
{ *adr = buf[i];
adr ++; i++;
}
*c9r_mskw= mskw;
}

VWRITE(ix,ly,n,buf)
COORD ix,ly,n;
PIXEL buf[];
{PIXEL *adr0,*adr;
unsigned short mskw;

```

```

int i;

if ((ix>0) && (ly>0))
{mskw= *c9r_mskw; *c9r_mskw = 0xffff;
adr0=c9r_g16+(woffy*0x400)+woffx;
adr= adr0+(ly = 0x400)*ix;
i=0;
while ((ix-1 < 1023) && (i<n))
{ *adr = buf[i];
adr = adr + 0x400; i++;
}
*c9r_mskw= mskw;
}

HREAD(ix,ly,n,buf)
COORD ix,ly,n;
PIXEL buf[];
{PIXEL *adr0,*adr;
int i;

if ((ix>0) && (ly>0))
{adr0=c9r_g16+(roffy*0x400)+roffx;
adr= adr0+(ly = 0x400)*ix;
i=0;
while ((ix-1 < 1023) && (i<n))
{buf[i] = *adr;
adr ++; i++;
}
}

VREAD(ix,ly,n,buf)
COORD ix,ly,n;
PIXEL buf[];
{PIXEL *adr0,*adr;
int i;

if ((ix>0) && (ly>0))
{adr0=c9r_g16+(roffy*0x400)+roffx;
adr= adr0+(ly = 0x400)*ix;
i=0;
while ((ly+1 < 1023) && (i<n))
{buf[i] = *adr;
adr = adr + 0x400; i++;
}
}

/*..... ECRIRE une LIGNE DE VALEURS .....*/
scr_lpix(adr,adr,n)
pixel *adr,*adrn; /*adresse de depart et d'arrivee */
int n; /* nombre de pixels a copier */
{int nb;

for (nb=0; nb<n; nb++)
{ *adrn = *adr;
adrn ++;
adr ++;
}
}

/*.. ECRIRE de gauche a droite une LIGNE de valeurs quelconques
depuis une zone en memoire centrale...*/
scr_l(x,y,n,zone)
int x,y; /* position de debut de ligne */
n; /* nombre de pixels a ecrire */
pixel *zone; /* adresse d'une zone en memoire centrale */
{pixel *adr;
int nd;

adr=c9r_g16 + (y *0x400)*x;
for (nd=0; nd<n; nd++)
{ *adr = *zone;
adr++;
zone++;
}
}

/*.. ECRIRE symetriquement une LIGNE de valeurs quelconques depuis
une zone en memoire centrale...*/
scr_sym_l(x,y,n,zone)
int x,y; /* position de debut de ligne */
n; /* nombre de pixels a ecrire */
pixel *zone; /* adresse d'une zone en memoire centrale */
{pixel *adr;
int nd;

```

```

adr=c9r_g16 + (y *0x400)*x;
for (nd=0; (nd<n) && ((-nd*x)>0); nd++)
  {
  *adr= *zone;
  adr--;
  zone++;
  }
}

/*.. LIRE une LIGNE de valeurs quelconques dans une zone en memoire centrale */
lire_l(x,y,n,zone)
int x,y, /* position de debut de ligne */
n; /* nombre de pixels a écrire */
pixel *zone; /* adresse d'une zone en memoire centrale */
{
  pixel *adr;
  int nd;

  adr= c9r_g16 + (y *0x400)*x;
  for (nd=0; (nd<n) && ((-nd*x)<1024); nd++)
    {
    *zone= *adr;
    adr++;
    zone++;
    }
}

/*.....*/

```

```

/*.....*/
/*
 * Fichier smith.c
 * Algorithme de remplissage d'un contour a partir d'un germe
 *.....*/
#include <stdio.h>
#include "../lib/tete.h"
#include "../lib/c9.h"

SMITH()
{
  int ix,iy,
  rep;
  COORD x,y;

  printf("Designes un point interieur a la zone \n");
  designptecr(&ix,&iy);
  x=ix;y=iy;
  SMITH(x,y,0,511,0,511);
  printf("Desirez vous colorier oui=1, non=0 : ");
  scanf("%d",&rep);
  if (rep == 1) COLORIAGE();
}
/*..... COLORIAGE d'une zone marquee en overlay.....*/

COLORIAGE()
{
  COORD xmin,xmax,ymin,ymax; /*coordonnees fenetre 0..511*/
  int i,j,
  rep;
  unsigned short mskw,
  col,
  *adr0,*adr;

  FENETRE fen;

  MIRE();
  col= c96_col;
  printf("Desirez-vous limiter la zone de coloriage oui=1 non=0 : ");
  scanf("%d",&rep);
  if (rep == 1) CL_fen(&fen);
  printf("%d %d y %d l %d h %d \n",fen.ang.abs,fen.ang.ord,fen.dinf.largueur,
  .fen.dinf.hauteur);
  xmin =fen.ang.abs -1;
  xmax =fen.ang.abe + fen.dinf.largueur -1;
  ymin =fen.ang.ord -1;
  ymax =fen.ang.ord + fen.dinf.hauteur -1;
  }
  else {xmin=0; ymin=0;xmax= 511;ymax=511; };
  printf("xmin %d ymin %d xmax%d ymax %d \n",xmin,ymin,xmax,ymax);
  adr0= c9r_g16+(woffy * 0x400)+woffx;
  mskw= *c9r_mskw; *c9r_mskw= 0xffff;
  for (j = ymin; j <= ymax; j++)
    {
    adr= adr0 + j * 0x400;
    for (i = xmin; i <= xmax; i++)
      {
      if (*adr >= 0x8000) *adr= col;
      adr++;
      }
    }
  if (rep == 1) CL_fen(fen);
  *c9r_mskw= mskw;
  printf("\n");
}

/*..... effacement de la fenetre..... */
CL_fen(fen)
{
  FENETRE fen;
  (unsigned short mskw;
  *c9r_mskw = 0x8000;
  c96pos(fen.ang.abs+woffx,fen.ang.ord+woffy);
  c96_col= {c96_col & 0xffff};
  c96vect(fen.dinf.largueur,0);
  c96vect(0,fen.dinf.hauteur);
  c96vect(-fen.dinf.largueur,0);
  c96vect(0,-fen.dinf.hauteur);
  *c9r_mskw= mskw;
  }
}

```

```

/*****
 * Fichier smithy.c
 * Algorithme de remplissage d'un contour a partir d'un germe : image filree
 *****/
#include "../lib/tete.h"
#include "../lib/c9.h"

#define VIDE 0 /* pile vide */
#define MARQUE 0x8000 /* overlay = a 1 */

/***** Algorithme de SMITH *****/
SMITH(seedx,seedy,xmin,xmax,ymin,ymax)
COORD seedx,seedy, /* coordonnees du germe */
xmin,xmax,ymin,ymax; /* fenetre de travail */

(unsigned short old, val;
COORD x,y,ly,
yref,
lx_ref,rx_ref,
lx,rx; /* extremités droites et gauches du segment horizontal */
short mask;
POSITION pile_p(100);
int pile_h;

c9r_mask=0xfffffff;
mask=c9r_mask; c9r_mask=0x8000;
x=seedx;y=seedy;
pile_h=0;
PVALER(x,y,&old);
if (old == MARQUE) (printf("Germe incorrect deja marque \n");)
else
{
yref=y;lx_ref=x; rx_ref=x;
EMPILE(pile_h,pile_p,x,y);
while (pile_h != VIDE)
{
DEPILE(pile_h,pile_p,&x,&y);
PVALER(x,y,&old);
if (old == MARQUE)
{
FILLINE(xmin,xmax,x,y,&lx,&rx);
if (HIWOISIN(y,yref,lx,rx,lx_ref,rx_ref) == 1)
{ SCANHI(ymax,y,lx,rx,&pile_h,pile_p);}
else { if (LOWOISIN(y,yref,lx,rx,lx_ref,rx_ref) == 1)
{ SCANLO(ymin,y,lx,rx,&pile_h,pile_p);}
else { SCANHI(ymax,y,lx,rx,&pile_h,pile_p);}
SCANLO(ymin,y,lx,rx,&pile_h,pile_p);}
};
};
yref=y;lx_ref=lx;rx_ref=rx;
};
};

c9r_mask=mask;
}
/***** fonction pvaler *****/
PVALER(x,y,pval)
COORD x,y;
PIXEL *pval;
{PIXEL *ptr;
ptr = c9r_g16 + (woffy*y)+0x400+ wofox*x;
*pval = *ptr;
}
/***** Ecriture d'un pixel *****/
EVALER(x,y)
COORD x,y;
{PIXEL *ptr;
ptr = c9r_g16 + (woffy*y)+0x400+ wofox*x;
*ptr = MARQUE;
}
/***** Respire une ligne y autour de x *****/
FILLINE(xmin,xmax,x,y,plx,prx)
COORD xmin,xmax,
x,y,
*plx,*prx;

{COORD xx;
unsigned short val;

xx=x;
PVALER(xx,y,&val);
while ((val < MARQUE) && (xx < xmax))
{EVALER(xx,y);
xx++;
PVALER(xx,y,&val);
}
}

```

```

    } ;
    *px= xx-1;
    *x= x-1;
    PVALEUR(xx,y,&val);
    while ((val < MARQUE) && (xx > xmin)) {
        (PVALEUR(xx,y);
        xx--;
        PVALEUR(xx,y,&val);
    };
    *plx= xx-1;
}
/*.....Recherche des trous sur la ligne suivante.....*/
SCANHI(ymin,y,lx,rx,ppile_h,pile_p)
COORD ymin,y,lx,rx;
int *ppile_h;
POSITION pile_p[];
{COORD xx,yy;
unsigned short val;

if (y-1 <= ymax)
{xx=lx;yy=y-1;
while (xx<= rx) {PVALEUR(xx,yy,&val);
while ((val<MARQUE) && (xx <= rx))
{xx++; PVALEUR(xx,yy,&val); };
if (xx <= rx) /* un autre trou a remplir*/
{EMPILER(ppile_h,pile_p,xx,yy);
while ((val<MARQUE) && (xx <= rx))
{xx++; PVALEUR(xx,yy,&val); };
};
};
};
}
/*.....Recherche des trous a remplir sur la ligne precedente.....*/
SCANLO(ymin,y,lx,rx,ppile_h,pile_p)
COORD ymin,y,lx,rx;
int *ppile_h;
POSITION pile_p[];
{COORD xx,yy;
unsigned short val;

if (y-1 >= ymin)
{xx=lx;yy=y-1;
while (xx<= rx) {PVALEUR(xx,yy,&val);
while ((val<MARQUE) && (xx <= rx))
{xx++; PVALEUR(xx,yy,&val); };
if (xx <= rx) /* un autre trou a remplir*/
{EMPILER(ppile_h,pile_p,xx,yy);
while ((val<MARQUE) && (xx <= rx))
{xx++; PVALEUR(xx,yy,&val); };
};
};
};
}
/* Verifie si le segment est voisin,dessus,existence de nouveaux segments..*/
HIVOISIN(y,yref,lx,rx,lx_ref,rx_ref)
COORD y,yref,lx,rx,lx_ref,rx_ref;

{if ((y==yref-1) && (lx<=lx_ref-1) && (rx<= rx_ref +1))
{return (1);}
else {return (0);};
}

/* Verifie si le segment est voisin,dessous,existence de nouveaux segments..*/
LOVOISIN(y,yref,lx,rx,lx_ref,rx_ref)
COORD y,yref,lx,rx,lx_ref,rx_ref;

{if ((y==yref+1) && (lx<=lx_ref-1) && (rx<= rx_ref +1))
{return (1);}
else {return (0);};
}
/*.....*/
EMPILER(ppile_h,ppile_p,xx,yy)
int *ppile_h;
POSITION pile_p[];
COORD xx,yy;

{*ppile_h = *ppile_h +1;
pile_p[*ppile_h].abs = xx;
pile_p[*ppile_h].ord = yy;
}

/*.....*/
DEPIL(ppile_h,pile_p,xx,yy)
int *ppile_h;

```

```

POSITION pile_p[];
COORD *px,*py;

{if (*ppile_h > 0)
{*px = pile_p[*ppile_h].abs ;
*py = pile_p[*ppile_h].ord ;
*ppile_h = *ppile_h -1;
};
}
/*.....*/

```

Annexe 4

BIBLIOGRAPHIE

- [ABRIAL 1984] Spécifier ou comment matérialiser l'abstrait - J.R. ABRIAL - TSI Vol 3 n°3, pp 201-219, 1984
- [AIT-HADDOU 1982] Système intelligent de bases de données intégrant textes et images - A.AIT HADDOU, M.BOUKAKIOU, M.CREHANGE, J.M.DAVID, O.FOUCAUT, J.MAROLDT - Rapport CRIN 82-P-068
- [ALLAIN 1984] Image de synthèse dans les simulateurs d'entraînement - Gérard ALLAIN - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [ANQUETIL 1981] La TELEMATIQUE: ouverture sur la vie de demain - P.ANQUETIL, C.PERDRILLAT, J.POLLARD, L.VIVOL - Micro-systèmes -N°15 , pp 37-55, Janvier-Février 1981
- [AUBRUN 1984] L'Enseignement Assisté par Ordinateur dans les grandes entreprises et administrations: le comment - Philippe AUBRUN, Alain GONZALEZ, Patrice PIZON - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [AUSTIN 1984] Analyse d'un programme Vidéotex de presse Grand Public - Phillipe AUSTIN - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [AUVINET 1984] Formation en zones rurales et nouvelles technologies - Jean Marie AUVINET - Education Telematique et Informatique n°4, 1984 - Publication CNRS, Laboratoire d'Informatique pour les Sciences de l'Homme
- [BALKOVICH 1985] Computing in higher education: the Athena experience - Edward BALKOVICH, Steven LERMAN, Richard P.PARMELEE - Communication of the ACM - November 1985, Vol 28 N° 11

- [BAUDELAIRE 1984] Illustration assistée par ordinateur: état de l'art - Patrick BAUDELAIRE - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984 -
- [BELAID 1985] Panorama des types images utilisés dans LPSI et leur spécification algébrique - A. BELAID - Rapport CRIN 85-R-066
- [BELAID 1985] Un langage de traitement d'images fondé sur des concepts de types abstraits - A. BELAID - Technique et Sciences Informatiques - vol 4, n° 3, 1985
- [BELAID 1985] LPSI: un Langage de Programmation Structuré en traitement d'Image - A.BELAID, Z.BOUFRICHE, R.MOHR - Cinquième congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence artificielle, Grenoble, 27-29 Novembre 1985
- [BELAID 1985] Système de génération de menus, application au traitement d'images - A.BELAID, R.MOHR - Cinquième congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence artificielle, Grenoble, 27-29 Novembre 1985
- [BENNANI 1984] Adjonction d'e/s vocales et graphiques en E.A.O.: amélioration du dialogue et nouveaux champs d'application - Mohamed BENNANI - Thèse de troisième cycle, Université de Nancy, Septembre 1984
- [BERTIER 1984] Détourage interactif de photographies de presse comme recherche de chemin optimal dans un graphe - Marc BERTIER, Michel HABIB - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [BERTRAND 1984] Implantation de l'E.A.O. dans les P.M.E. - Jean Louis BERTRAND - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [BESTOUGEFF 1982] Enseignement et ordinateur - Hélène BESTOUGEFF, Jean-Pierre FARGETTE - Editions Cedic/Nathan, 1982
- [BONNETON 1984] LOGO: une démarche d'éveil - Marc BONNETON, Gil GODIMIER - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [BOUFRICHE 1984] LPSI: un langage de traitement d'images - Rapport de DEA - CRIN - Septembre 1984
- [BOUVILLE 1984] Synthèse d'images par lancer de rayon: algorithmes et architecture - Ch. BOUVILLE, R. BRUSO, J.L. DUBOIS, I. MARCHAL - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [BRANQUART] Aspects de CHILL, le langage du CCITT - P.BRANQUART, G.LOUIS, P.WODON - Technique et Science Informatiques
- [BRIGGS 1981] Pumps architecture for pattern analysis and image database management - Faye A.BRIGGS, Kai Hwang, King-Sun FU, Michel DUBOIS - Pattern recognition and image processing proceedings- August 3,5 1981, Dallas
- [CAILLOT 1984] L'Intelligence artificielle au service de la formation - Michel CAILLOT - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [CASTAN 1985] Architectures adaptées au traitement d'images - Serge CASTAN - Technique et Science Informatiques - Vol 4, n°5, 1985
- [CHABRIER 1982] Programmation à l'aide de types abstraits: le système TYP - J.J. CHABRIER, J.C.DERNIAME - TSI Vol 1 n°4, pp 287-295, 1982
- [CHARROUF 1984] Projet PICASSO: Peinture Interactive en Couleur ASSistée par Ordinateur - Khalid CHARROUF - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [CHASSERY 1985] Images et statistiques - J.-M.CHASSERY - Cinquième congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence artificielle, Grenoble, 27-29 Novembre 1985
- [CHASSIGNET 1984] Sur l'utilisation d'un SGBD relationnel pour la gestion d'une base de données image - Philippe CHASSIGNET - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [CHEVALERAUD] Perception des couleurs - J.P. CHEVALERAUD - Encyclopédie Médico-Chirurgicale (Paris, France), Ophtalmologie, 21008 C¹⁰, 9-1980
- [CLAVAUD 1984] Images, visualisation et informatique - Richard CLAVAUD, Jean Paul GILLET - Publication du CESTA - 1984
- [COLONNA 1984] De la visualisation de résultats de calculs à la création artistique - J.F. COLONNA, MOWGLI - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [COMPARETI 1984] Outil de production industrielle de dessin animé par ordinateur - Gilbert COMPARETI - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [COTEL 1984] Lisibilité et écriture télématique - R.COTEL - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984

- [CREHANGE 1983] An Expert System To Aid in Progressive Retrieval From a Pictorial and Descriptive Database - M.CREHANGE, A.AIT HADDOU, M.BOUKAKIOU, J.M.DAVID, O.FOUCAUT, J.MAROLDT - Rapport CRIN 83-p042
- [CREHANGE 1984] Le point sur EXPRIM - M.CREHANGE, J.M.DAVID, O.FOUCAUT, B.HELLUY - Rapport CRIN , 20-12-1984
- [CURRAN 1985] *Compunation?* - P. CURRAN - Micro-systèmes N° 51, pp 173-176, Mars 1985
- [DENIS 1979] Les images mentales - Michel DENIS - Le psychologue, Editions Presses Universitaires de France 1979
- [DERNIAME 1979] Types abstraits de données - Jean-Claude DERNIAME, Jean-Pierre FINANCE - Ecole d'été de l'Afcet, Monastir, 1979
- [DUFOURD 1985] Types abstraits et bases de données relationnelles - J.F.DUFOURD - Technique et Science Informatiques- Vol 4 N°4, 1985
- [DURAND 1979] Lire les images - J.Cl.DURAND, G.MOITRIEUX - Publication du CRDP de l'Académie de Nancy-Metz - 1979
- [DYER 1981] A vlsi pyramid machine for hierarchical parallel image processing - Charles R.DYER - Pattern recognition and image processing proceedings- August 3,5 1981, Dallas
- [FABRESSE 1984] Spécification pédagogiques des simulateurs - Anne FABRESSE - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [GARDAN 1983] Techniques graphiques interactives et C.A.O - Yvon GARDAN, Michel LUCAS - Hermes Publishing 1983
- [de GOY] Réussite du cable: La bataille des programmes - Patrice de GOY - Broadcast Magazine N°3, pp 11-15, Juin/Juillet 1986
- [GROCOLAS 1984] MINITEL Enseignement Assisté par Ordinateur et déficients auditifs profonds - Michèle GROCOLAS - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [HEGRON 1985] La technique du suivi de contour en synthèse d'image - Gérard HEGRON - Technique et Science Informatiques- Vol 4 N°4, 1985
- [HEGRON 1985] Synthèse d'image: algorithmes élémentaires - Gérard Hégron - Edition DUNOD Informatique 1985
- [HERMANS 1986] La couleur des écrans - G. HERMANS - Actes du premier colloque "Travail sur écran", 7 Décembre 1985 - Numéro spécial de la Revue de l'Ophtalmologie Française 1986
- [HERMANT 1985] Enseigner Apprendre avec l'Ordinateur - Corinne HERMANT - Editions Cedic-Nathan - 1985
- [HOWARD 1982] Human Visual Orientation - Ian P.Howard - John Wiley & Sons Editors, 1982
- [HUDRISIER 1984] Les imageurs documentaires: un nouvel outil pour les banques encyclopédiques - Henri HUDRISIER - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [KERAVEL] Vues anatomiques commentées des voies visuelles - Y.KERAVEL, M.DJINDJIAN, F.LOUARN - Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Paris- Neurologie, 4.8.10, 17001F¹⁰
- [KJNER 1983] V.A.O, Le Traitement d'Images: échantillonnage, codage, restauration d'une image - S.KIJNER - Micro-systèmes - Novembre 1983
- [KLEINROCK 1985] Distributed systems - Leonard KLEINROCK - Communications of the ACM -November 1985, Vol 28 N°11
- [KLOSSA 1984] Nouvelles perspectives pour le vidéodisque - J.KLOSSA, B.BRETAILLIAU, B.ERGIN, F.ROUX - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [LA BORDERIE 1984] E.A.O./I.A.O - René LA BORDERIE - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [LAMOTTE 1985] Architectures pour le traitement numérique du signal vidéo - M.LAMOTTE, J.BREMONT, E.HEU - Cinquième congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence artificielle, Grenoble, 27-29 Novembre 1985
- [LAURIERE 1982] Représentation et utilisation des connaissances - Jean-Louis LAURIERE - Technique et Science Informatiques- Vol 1 N°2, 1982
- [LEFEVRE 1984] Guide pratique de L'Enseignement Assisté par Ordinateur - Jean Michel LEFEVRE - Editions Cedic/ Nathan 1984

- [LEONHARDT 1984] La représentation des données en E.A.O. Multimédia - Jean-Louis LEONHARDT - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [LEVY 1984] Outils d'aide à la construction et transformation de types abstraits algébriques - Nicole LEVY - Thèse de 3^o Cycle - CRIN - Nancy
- [LOEB 1984] Répétance du savoir et lecture: de l'usage du micro-ordinateur par un public de jeunes à motivations saturées - Alain LOEB - Education Télématique et Informatique n^o4, 1984 Publication CNRS, Laboratoire d'Informatique pour les Sciences de l'Homme
- [LUCAS 1982] La réalisation des logiciels graphiques interactifs - Michel LUCAS et coll. - Travaux dirigés de l'Ecole d'été d'informatique, Le-Bréau-sans-Nappe, 7-27 juillet 1979 - Editions Eyrolles
- [MAERTENS 1984] Les systèmes EAO - Eric MAERTENS - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [MAITRE 1984] Banques d'images et bases de données d'images - Henri MAITRE - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [MALLGREN 1982] Formal Specification of Graphic Data Types - William R. MALLGREN - ACM Transactions on Programming Languages and Systems, Vol. 4, n^o 4, October 1982, Pages 687-710
- [MARTINEZ 1984] Vers une architecture banalisée des synthétiseurs d'image - Francis MARTINEZ - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [MATAIGNE 1984] L'évaluation des didacticiels - Bernard MATAIGNE - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [MERIALDO 1984] Le sous-titrage des émissions de télévision à l'usage des mal-entendants - Bernard MERIALDO, Anne-Marie DEROUAULT - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [MERIAUX 1984] Architecture de machines d'images: une approche méthodique - Quelques exemples - Michel MERIAUX - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [MIALET 1984] TELETEL le système français de Vidéotex interactif - L. MIALET - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [MIONET 1984] Images: quels services, quels traitements? Problèmes de réalisation industrielles et de réseaux de télécommunications - H.MIONNET, J.DAVID, F.SECHER, S.RABOISSON, B.TESSEIRE - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [MISSOTEN] Le cône - Luc MISSOTEN - Revue Chibret d'ophtalmologie - Publication des Laboratoires Merck-Sharp & Dohme-Chibret
- [NAGATA 1981] A relational image data base system for remote sensing (Land DBMS) - Motoyasu NAGATA - Pattern recognition and image processing proceedings- August 3,5 1981, Dallas
- [NANARD 1984] Manipulation interactive de documents - Jocelyne NANARD, Marc NANARD - TSI Vol 3 n^o6, pp 443-451, 1984
- [PREVOT] Le traitement d'images: une technique spécifique - Charles PREVOT - Mini-micros n^o 150
- [QUERE 1984] Structure d'un didacticiel avec l'éditeur fonctionnel du projet DIANE - Maryse QUERE - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984
- [QUERE 1983] Langages d'auteurs d'hier et d'aujourd'hui - Maryse QUERE - Le journal de la formation continue et de l'EAO N^o166
- [RAVI 1986] Représentation des applications Audio-Visuelles Interactives, Document ADI/CCETT/DGT, Juillet 1986
- [REMY 1985] Les calculateurs analogiques - Claire REMY - Micro-systèmes N^o59, Décembre 1985
- [RODRIGUEZ 1984] Codage d'images par une méthode à deux composantes - J.RODRIGUEZ, D.BARBA - Premier colloque image Biarritz - Mai 1984
- [ROGALA 1985] Définition d'une base de données d'images de télédétection. Application à l'automatisation des traitements - J.P.ROGALA, L.ASFAR, J.L.AMAT, F.MOMAL - Cinquième congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence artificielle, Grenoble, 27-29 Novembre 1985
- [ROTEN 1985] Méthodologie de conception et de réalisation de produits audiovisuels interactifs - Marie-Françoise ROTENBERG, Anne PUYBAREAUD - Etude pour l'ADI RT.EURO/85-060/AFR/AP/MP, Juillet 1985

[ROUSSEAU 1985] Minitel: le média électronique - M.ROUSSEAU -
Micro-système N°58 , pp 99-110, Novembre 1985

[ROUSSELET 1984] Graphismes en kits - Michel ROUSSELET - Editions
Techniques et Scientifiques Françaises, 1984

[SARAUX 1983] Physiologie oculaire - Henry SARAUX, Bertrand BIAIS -
Edition Masson 1983

[SORLET 1984] Les services des télécommunications: diversification tous azimuts
- Eric SORLET - 01 Informatique n° 181-182 - Aout-Septembre 1984

[STENBERG 1981] Architectures for neighborhood processing - Stanley
R.STENBERG - Pattern recognition and image processing proceedings-
August 3,5 1981, Dallas

[TIESSE 1984] Systèmes de génération d'images numérisées - B.TIESSE -
Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON - Septembre 1984

[VAN HORN 1984] Computer-integrated-design graphics terminal incorporates
local database - Stephen H. VAN HORN - Mini-micro Systems - August
1984

[VITAL] Anatomie fonctionnelle du lobe occipital - F. VITAL-DURAND -
Encyclopédie Médico-Chirurgicale (Paris, France), Ophtalmologie, 21008 A⁵⁰,
4.11.04, 5 p.

[WANEGUE 1984] Le vidéodisque support de l'audiovisuel interactif - Jean José
WANEGUE - Actes - Forum EAO organisé par l'ADIRA - LYON -
Septembre 1984

[WARREN 1984] Graphics software schemes enhance peripheral interfacing - Carl
WARREN - Mini-micro System - July 1984

NOM DE L'ETUDIANT : Madame MORINET épouse LAMBERT Josette

NATURE DE LA THESE : Doctorat 3ème cycle en Informatique



VU, APPROUVE ET PERMIS D'IMPRIMER 2326

NANCY, le 06 NOV. 1986

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I



RESUME:

L'importance de l'image dans l'activité d'apprentissage, la richesse et la diversité des informations véhiculées par ce support médiatique privilégié, induit la nécessité d'un poste auteur spécifique convivial qui doit permettre la personnalisation et l'adaptation de sources iconographiques. Après avoir recensé les problèmes inhérents à l'utilisation de l'image, puis les solutions apportées par les nouvelles technologies de réalisation, de stockage et de diffusion, nous proposons à tout enseignant désirant utiliser ce support, un éditeur d'images fixes de type photographique, caractérisé par sa simplicité d'utilisation et qui possède les fonctions les plus demandées par les formateurs. Un prototype a été réalisé sur un système de traitement d'images COLORIX90 piloté par un ordinateur SM90/SPS7.

MOTS-CLES:

Editeur d'images, image numérisée, enseignement assisté par ordinateur, perception visuelle, système auteur, banque de données d'images, vidéodisque, réseaux cablés.