

## LE TRAITEMENT D'IMAGES ET LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DES TELECOMMUNICATIONS: DE RACE A ACTS

Eric Badiqué

Commission Européenne, DGXIII-B2, BU-9, 2/65

Rue de la Loi, 200, 1049 Bruxelles, Belgique

Email: EBAD@postman.dg13.ccc.be

### Résumé

Une grande partie des activités de Traitement d'Images (TI) au sein du Programme Européen RACE (Research in Advanced Communications in Europe) est consacrée au codage d'images qui peut être considéré jusqu'à présent comme un des succès les plus éclatants du TI. Néanmoins, d'autres domaines essentiels au déploiement de systèmes de communication avancés tels que la génération, la manipulation, la segmentation, l'interprétation et la modélisation des images sont également riches en activités. Les techniques TI intelligentes, qui peuvent aller d'un simple filtre adapté à l'analyse complète d'une scène avant codage, voient leur potentiel reconnu et sont maintenant fréquemment implementées. Dans le cadre du Programme ACTS en cours de lancement, elles deviendront monnaie courante et contribueront à la généralisation de systèmes de communication flexibles, omniprésents et de haute qualité destinés à évoluer vers de véritables services de présence virtuelle.

### 1/ Introduction

Il est permis de penser que la plus grande partie de l'information multimédia qui circulera sur les "autoroutes électroniques" de demain, sera générée par les transferts d'images de toutes formes. Puisque leur transmission en temps réel nécessite une très grande bande passante, les images sont à la fois un catalyseur et un bénéficiaire de l'évolution vers les réseaux à large bande. Il est probable que les technologies de l'image feront partie des technologies clefs du 21<sup>ème</sup> siècle.

Les activités de traitement d'images dans un cadre Européen, bénéficient du soutien d'un certain nombre de Programmes. ESPRIT est chargé des aspects liés aux technologies de l'information, RACE, ACTS et COST couvrent plus particulièrement les domaines touchant aux télécommunications.

### Abstract

Image Processing (IP) activities within the European Union RACE (Research in Advanced Communications in Europe) Programme are primarily oriented towards image coding which can be duly considered as the most striking success of IP yet. But other IP-related areas essential to the deployment of advanced communications are equally well covered such as image generation, manipulation, segmentation, interpretation and modelling. Intelligent IP techniques, which can range from a simple signal-adaptive filter to a complete scene analysis prior to model-based coding, are increasingly being introduced and their potential recognised. Within the emerging ACTS (Advanced Communications Technology and Services) Programme, they will become common place and contribute to achieving high-quality, flexible and ubiquitous communications evolving towards full virtual presence services.

### 2/ Recherche et développement en télécommunications dans un cadre Européen

Après une phase de définition de deux ans, le programme RACE a été lancé en 1987 et compte aujourd'hui 116 projets, réunissant 350 organisations Européennes. Le budget total couvrant phases I et II s'élève à environ 2500 MECU dont environ 1100 MECU correspondent à la contribution financière de l'Union Européenne. Le programme est structuré en 8 lignes de projets:

1. Développements IBC
2. Réseaux intelligents
3. Communications mobiles et personnelles
4. Communications par les images
5. Ingénierie des services
6. Sécurité de l'information
7. Expérimentations avancées de communication



## 8. Infrastructure de test et inter-fonctionnement des réseaux

Le Programme ACTS (Advanced Communications Technology and Services) a été lancé en Septembre 1995 et compte 119 projets pour une contribution financière initiale de la Commission Européenne d'environ 420 MECU sur 3 ans. Les domaines couverts sont les suivants:

1. Systèmes et services multimédia interactifs
2. Technologies photoniques
3. Réseaux à grande vitesse
4. Communications mobiles
5. Réseaux intelligents et ingénierie des services
6. Qualité, sécurité et sûreté des systèmes de communication

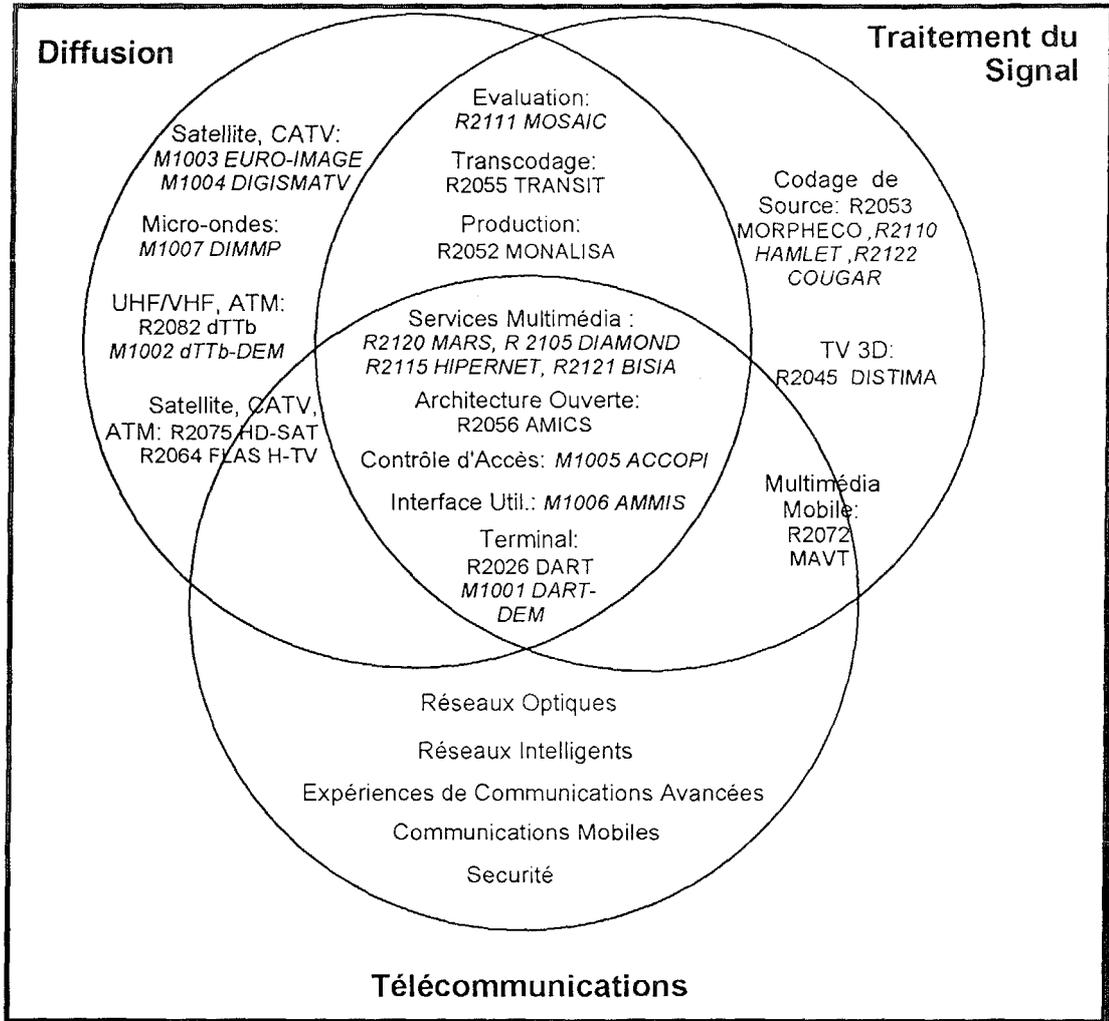


Figure 1

### 3/ La ligne de projets RACE "Communication par les images"

Une vue d'ensemble des projets RACE de R&D supportant les développements image et multimédia est donnée en figure 1. La figure 2 présente le détail des activités liées au traitement d'image. Les résultats obtenus par les projets sont constamment documentés dans les rapports annuels [2][3] et sur plusieurs serveurs [6][7]. Les systèmes, services et applications concernés couvrent aussi bien les domaines professionnels que grand public. On distingue trois groupes de projets:

### ✓ La création, manipulation et compression d'images

Ce groupe concerne la création de **nouvelles images** (projet MONALISA), la **télévision stéréoscopique et ses applications** (DISTIMA), la **compression des images** pour: 1/ La construction de systèmes de codage basés sur la norme MPEG-2 (HAMLET, COUGAR, HD-SAT) 2/ La poursuite des recherches dans le domaine du codage de seconde génération en préparation à la norme MPEG-4 (MAVT, MORPHECO), et

enfin le transcodage et la conversion de format (TRANSIT).

✓ **la transmission des images,**

Les travaux dans ce domaine sont consacrés à l'évolution vers la télévision numérique (dTtB, Flash-TV, HD-SAT, DIMMP, DIGISMATV, EURO-IMAGE, ACCOPI), les services multimédia (DIAMOND, MARS, BISIA, HIPERNET), et le multimédia mobile (MAVT).

✓ **l'interopérabilité et les systèmes d'accès multimédia**

Ces développements concernent les terminaux à architecture ouverte (AMICS, MARS, DIAMOND, DART, MAVT) et les interfaces utilisateur pour les nouveaux services multimédia (AMMIS).

#### 4/ Analyse d'images

L'Analyse d'Image (AI) est aujourd'hui une activité essentielle d'un grand nombre de projets RACE. Les outils d'AI les plus simples sont déjà très utilisés en codage ou en conversion de format pour des opérations de filtrage adapté par exemple. Les techniques AI sophistiquées sont aujourd'hui mises en oeuvre pour des opérations telles que la segmentation, l'estimation de la texture, l'estimation et la compensation du mouvement, la modélisation et le codage Orienté-Objet (O-O).

• **Pre-traitement adapté**

En codage par prédiction et transformation, un filtrage linéaire ou adapté (COUGAR, HAMLET) ou encore une analyse du contenu et des caractéristiques dynamiques d'une scène (HAMLET, COUGAR, HIVITS, MAVT), peuvent permettre d'améliorer les performances. En codage à très bas débit et en particulier en codage O-O, une opération de simplification du signal par des opérateurs morphologiques (MORPHECO, MAVT) peut être avantageuse.

• **Segmentation**

La segmentation sous des formes différentes est une activité importante des projets travaillant dans les domaines de la génération, de la manipulation et du codage d'images. L'estimation de mouvement et le codage de seconde génération nécessitent souvent la segmentation. La segmentation peut être utilisée à très bas niveau (blocs de pixels) pour séparer les objets en mouvement du fond (HIVITS, MAVT) ou pour estimer des paramètres globaux de mouvement

(HAMLET). La segmentation est une première étape essentielle du codage O-O (MORPHECO), de la modélisation (MONALISA) ou du codage basé sur un modèle (HIVITS, MAVT). Il peut également être utile de segmenter une carte de disparité (DISTIMA).

• **Estimation du mouvement**

L'Estimation de Mouvement (EM) est maintenant considérée comme un élément clef des encodeurs vidéo et les activités de recherche tendant à améliorer l'EM sont nombreuses. Des techniques EM de base ont déjà été mise en oeuvre dans le cadre de RACE I (HIVITS). Des techniques plus avancées mais toujours basées sur les blocs sont maintenant développées et des systèmes hardware sont construits dans des configurations MPEG2 (COUGAR, HAMLET). D'autres techniques EM adaptées au dé-entrelacement sont développées (TRANSIT). Enfin, des techniques EM basées sur la segmentation ou sur des modèles de plus haut niveau sont en cours de mise au point dans la perspective du codage de seconde génération (HIVITS, HAMLET, MORPHECO, MAVT).

• **Estimation de la disparité**

L'Estimation de la Disparité (ED) est similaire à l'estimation de mouvement, la différence majeure étant la forme généralement asymétrique des zones de recherche, mieux adaptés à la mesure de déplacements horizontaux. Les projets DISTIMA et MONALISA ont développé et mis en oeuvre des systèmes ED.

↳ **L'analyse d'image dans les projets ACTS: La base des activités 3D et du codage de seconde génération**

L'analyse restera un des piliers des activités liées aux images dans ACTS. Elle est essentielle aux progrès dans le domaine de la représentation orientée-objet et du codage de seconde génération; elle est une étape incontournable aux développements des techniques d'analyse 3D et de réalité virtuelle qui formeront la base des systèmes de présence virtuelle à venir; enfin elle aidera à rendre les systèmes multimédia futurs plus "intelligents" et plus conviviaux grâce à des interfaces plus proches des moyens naturels de communication (compréhension de scènes complexes pour la surveillance ou les interfaces par exemple)

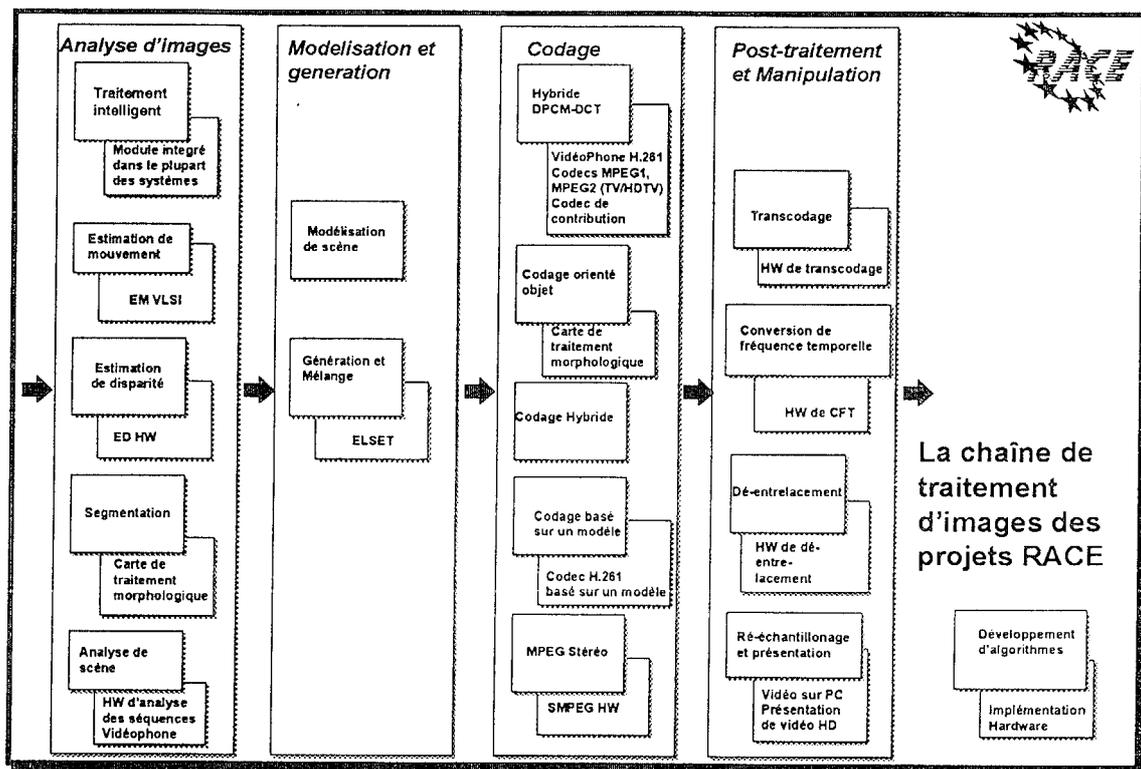


Figure 2

### 5/ Modélisation et génération des images

Alors qu'il a été démontré que les modèles d'images bidimensionaux ont un potentiel important dans la domaine du codage, l'introduction de modèles 3D tend à rapprocher l'imagerie "réelle" de l'imagerie synthétique. Il est permis d'envisager un système de codage futur qui fonctionnerait comme un "moteur graphique" reconstruisant les images réelles de la même façon qu'elle générerait une image synthétique. Une première étape vers la réalisation de ce concept est peut-être que le standard MPEG4 couvrira à la fois les images réelles et les images synthétiques (probablement par le biais de profils différents). Le très grand potentiel de l'imagerie synthétique et hybride est également illustré par les développements spectaculaires dans le domaine de la réalité virtuelle.

Les activités RACE touchant à la modélisation couvrent les modèles 2D pour le codage essentiellement (MAVT, HIVITS, DISTIMA). Les modèles 3D et les techniques de génération d'images sont surtout développés pour les systèmes de studio virtuels (MONALISA) et le codage de seconde génération (HIVITS).

Un système d'analyse et de génération d'images en temps réel (ELSET Proiect

MONALISA) a été intégré et une démonstration a eu lieu à la fin 1994. Il est probable que les studios virtuels joueront dans les années qui viennent un rôle de plus en plus important, en réduisant de façon significative les coûts de production et en facilitant la réalisation d'effets spéciaux.

↳ **L'imagerie 3D et les images synthétiques dans le contexte des télécommunications: un domaine d'activités en pointe dans ACTS**  
 Dans la perspective du développement de véritables systèmes de téléprésence capable d'analyser, de transmettre et de reproduire fidèlement à distance des images 3D, les activités dans ce domaine promettent d'être nombreuses. Les technologies employées (acquisition 3D, modélisation 3D, analyse de texture, réalité virtuelle, affichage 3D) seront dérivées de secteurs traditionnellement séparés (analyse d'image, imagerie synthétique, ingénierie optique etc.) et le défi sera dans leur intégration et dans leur mise en oeuvre dans le contexte des services de télécommunication. Les applications seront nombreuses et spectaculaires (téléprésence 3D, applications médicales, jeux utilisant la réalité virtuelle, studios virtuels ou encore espaces virtuels sur le "World Wide Web")

## 6/ Compression des images

Se trouvant au cœur des développements actuels liés à la télévision digitale, la compression d'images a aujourd'hui un potentiel énorme et est certainement le succès le plus éclatant dérivé des recherches en traitement d'images. Grâce aux progrès réalisés dans le domaine des composants, les techniques TI telles que la transformation Cosinus (DCT) et l'analyse du mouvement, qui sont aujourd'hui mises en œuvre dans des équipements grand public, nécessitaient il y a seulement quelques années des calculateurs puissants pour des implémentations correspondant à plusieurs centaines de fois le temps réel. Le Programme a dès 1987 largement contribué au développement de systèmes de codage modernes. Les projets RACE ont été actifs dans tous les domaines du codage, du plus conventionnel (hybride DPCM-DCT) au plus avancé (codage O-O ou morphologique).

- **Codage DPCM-DCT**

On distingue deux groupes: 1/ Les activités préliminaires ou non liées à MPEG (DVT, DART, HIVITS, FLASH-TV), 2/ Les activités supportant l'effort de standardisation et implémentant les spécifications (COUGAR, HAMLET, HD-SAT).

- **Optimisation des méthodes de codage DPCM-DCT**

Les standards tels que H.261 ou MPEG sont des spécifications relativement flexibles qui laissent une grande liberté d'optimisation. Les activités d'extension et d'optimisation sont les suivantes: Le pré-filtrage pour améliorer les performances ou l'inclusion de méthodes d'estimation de mouvement très précises et très robustes telles que la corrélation de phase (COUGAR); La quantification adaptée, un meilleur contrôle du débit, une meilleure sélection des modes, la comparaison de modes hiérarchiques et "simulcast", et la comparaison de formats progressifs et entrelacés (HAMLET); L'adaptation du standard H.261 aux très bas débits, qui a donné lieu à l'introduction du standard H.263 couvrant les applications de vidéotéléphonie sur le réseau analogique (MAVT); Le codage DPCM-DCT de séquences stéréoscopiques basé sur le standard MPEG (DISTIMA).

- **Codage orienté-objet**

Dans la perspective de l'introduction de services audiovisuels dans un environnement mobile, l'étude de techniques de codage O-O à

très bas débits (jusqu'à 8 kbit/s) est essentielle. Les activités en cours couvrent le codage morphologique (MORPHECO), le codage "analyse - synthèse" (MAVT) et le codage O-O appliqué aux images stéréoscopiques (DISTIMA).

- **Codage hybride**

Dans un effort destiné à faciliter la transition entre les méthodes de codage traditionnelles (basées sur la prédiction spatiale ou temporelle et la décomposition spectrale) et les méthodes O-O, le projet HAMLET a proposé des techniques hybrides, et montré que celles-ci pouvaient mener à une amélioration sensible des performances du standard MPEG2.

- **Codage basé sur un modèle**

Dans sa version la plus simple, ce type de codage tend à distribuer la capacité disponible de façon à optimiser la qualité subjective perçue par l'observateur. Des expériences concluantes ont été menées par les projets HIVITS et MAVT. Elles ont montré que si ces techniques peuvent être intéressantes dans certaines situations (amélioration de la qualité de codeurs H.261 ou H.263) il semble préférable pour le long terme de s'affranchir de tout modèle et de développer des systèmes génériques.

↳ **Le codage de seconde génération dans ACTS: au delà de la compression**  
Les nouvelles activités de standardisation lancées dans la foulée de MPEG2 (MPEG4) annoncent une véritable révolution dans la façon de représenter et de traiter le signal audiovisuel. La portée dépasse de beaucoup la simple compression pour englober des fonctionnalités nouvelles, telles que l'identification et la manipulation d'objets audiovisuels, la représentation de scènes hybrides composées d'image réelles et de synthèse ou encore d'images 3D. Le groupe de travail MPEG4 devrait devenir le forum au sein duquel l'analyse, la synthèse, les activités 3D et les spécialistes de la syntaxe convergent pour façonner les outils nécessaires à l'espace multimédia du futur.

## 7/ Transcodage et manipulation d'images

L'émergence de systèmes numériques laisse présager l'explosion du nombre des terminaux de tous types. Si l'on désire pouvoir les utiliser pour des applications différentes avec des formats différents (dans l'attente d'une hypothétique convergence des terminaux) il est nécessaire de disposer de systèmes de



transcodage et de manipulation capables de jeter des ponts entre la TV, les ordinateurs et les terminaux de télécommunications. Les incompatibilités sont du type format d'écran, mode de balayage et fréquence temporelle. Dans RACE, les activités se sont concentrées sur le développement d'algorithmes et de systèmes hardware destinés à la conversion de format (TRANSIT, HAMLET, COUGAR), aux opérations de rééchantillonnage (TRANSIT) ou transcodage (TRANSIT) et à la conversion de fréquence temporelle (MORPHECO, MONALISA, TRANSIT). La question essentielle de l'estimation de la qualité des images après codage, manipulation ou transmission a été abordée dans un grand nombre de situations couvrant la totalité des débits envisageable (MOSAIC, DISTIMA, MAVT).

#### **Activités futures en transcodage et manipulation: Chaîne de transmission MPEG2 et évolution vers les images 3D**

Le transcodage et les manipulations d'images tels qu'ils étaient menés dans les projets RACE ont généralement conduit au développement de produits qui sont en passe d'être commercialisés. Dans le domaine de la TV numérique, les activités futures seront consacrées à une nouvelle étape dans les développements MPEG; la mise au point d'une chaîne de transmission complète basée sur la norme MPEG2, allant du studio à l'utilisateur. Dans le même temps, les manipulations, conversions de format et interpolations seront étendues aux images 3D pour des opérations telles que la génération de vues intermédiaires en visualisation tridimensionnelle, par exemple.

#### **8/ Tendances et perspectives**

Le lancement de la télévision numérique en 1995 (sur les réseaux satellitaire et câblés) ouvrira le marché des décodeurs numériques à bas prix, incluant les décodeurs TV MPEG, les terminaux audiovisuels mobiles, les téléordinateurs etc. Ces systèmes numériques et les services qui les accompagneront ouvriront la voie à des applications innovatrices qui ne manqueront pas de stimuler le domaine du traitement d'images. Lorsque l'infrastructure destinée à la transmission des images numériques sera en place, et lorsque les images numériques seront devenues monnaie courante, les ingénieurs en TI pourront utiliser

les outils à leur disposition pour découvrir de nouvelles frontières.

Dans le court à moyen terme, l'essentiel des activités de TI devrait être axé sur le codage de seconde génération et en particulier à la préparation du standard MPEG4.

Pour le long terme, les activités TI seront vraisemblablement consacrées aux développements de techniques 3D destinées aux futurs services de présence virtuelle. L'influence de l'imagerie synthétique s'accroîtra avec l'intégration des concepts de réalité virtuelle dans l'environnement des télécommunications.

Comme pour le TI en général, la tendance pour le TI destiné aux communications semble être le fait que les techniques mises en œuvre ont un caractère de plus en plus pluridisciplinaire et qu'elles intègrent continuellement plus "d'intelligence" sous une forme ou sous une autre. Le succès des développements TI futurs dépendra de la capacité à intégrer des concepts d'imagerie (3D), d'intelligence artificielle (y compris des techniques inspirées des phénomènes biologiques ou physiques) de modélisation, de transmission (par exemple dans le cas où le codage de source et de canal sont interdépendants) et de synthèse d'images. Les perspectives dans ce domaine justifient les efforts dans ce sens.

#### **Références**

- [1] Image Processing Activities in RACE Projects: An overview, European Transactions on Telecommunications, Vol. 6, No.3, May-June 1995
- [2] RACE 95, Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe, Commission of the European Communities, DGXIII, Avril 1995.
- [3] ACTS 95, Advanced Communication, Technology and Services, Commission of the European Communities, DGXIII, Septembre 1995
- [4] COST Telecommunications 1994, Technical Overview, ISBN 92-826-9160-8
- [5] Summaries of ESPRIT Projects, "Software and Advanced Information Processing", December 1993, Report # EUR 15375 EN/3
- [6] ECTF/RACE Compuserve Forum
- [7] INTERACT RACE World-Wide-Web Server, <http://race.analysys.co.uk>

#### **Remerciements**

Mes plus vifs remerciements à Marika Behrens et Albert Rouben pour leurs assistance, commentaires et suggestions.