

Rapport - mars 1998

Art-Science-Technologie

Jean-Claude Risset

Sommaire

TOME I SYNTHESE ET CORPS DE PROPOSITIONS

RAPPEL DE LA LETTRE DE MISSION

RESUME DU RAPPORT ART-SCIENCE-TECHNOLOGIE (AST)

AVERTISSEMENT

EXPOSE DES MOTIFS

A - REPERAGE DES RESSOURCES

Groupes français susceptibles de participer au programme Art-Science-Technologie (AST)

B - STRATEGIES SCIENTIFIQUES

STRATEGIES SCIENTIFIQUES (Musique)

STRATEGIES SCIENTIFIQUES (Arts Visuels et Corporels)

C - ENJEUX ECONOMIQUES

D - PROBLEMES SPECIFIQUES

Problèmes spécifiques en 10 points

Mesures proposées

E. PROPOSITIONS D'ORGANISATION

CONCLUSION : RECOMMANDATIONS

TOME II ELEMENTS D'ANALYSE ET DE DOCUMENTATION

REPERAGE DES RESSOURCES

Groupes français susceptibles de participer à un programme A.S.T.

Préambule

I. Groupes de terrain pouvant être immédiatement constitutifs du réseau d'unités de recherche

II. Groupes de terrain susceptibles d'être directement concernés par des appels d'offre

III Groupes susceptibles de collaborer sur réponses à des appels d'offre en A.S.T.5

IV. Ressources diverses

REPERAGE DES RESSOURCES

Musique électronique et informatique musicale : historique, faits marquants et situation actuelle

- I. Historique
- II. Quelques situations relatives importantes et deux premières conclusions
- III. Liens avec le secteur économique
- IV. Liens avec le secteur universitaire et la recherche publique
- V. Liens avec la formation
- VI. L'informatique musicale par rapport aux sciences physiques et mathématiques autres que l'électronique et l'informatique (mécanique, acoustique, mathématique...)
- VII. Historique des institutions eu égard au secteur AST

REPERAGE DES RESSOURCES

- Un survol de l'Informatique musicale
- Essai de définition
- Spécificités de l'informatique musicale
- Les lieux de l'Informatique musicale
- Problèmes
- Références
- Informatique et musique - faits historiques marquants
- Quelques références sur l'Informatique musicale (ordre chronologique)

REPERAGE DES RESSOURCES

- Musique électronique et Informatique Musicale - Organismes et manifestations à l'étranger

REPERAGE DES RESSOURCES

- Arts Visuels et Synthèse d'Images
- Préambule
- Historique scientifique
- Réactions politiques, institutionnelles et sociales⁹
- Situation actuelle
- La mutation des contenus et évolution des techniques
- Quelques conclusions
- Références

REPERAGE DES RESSOURCES

- La situation dans le domaine du traitement de l'image
- I. Imagerie Numérique pour l'archivage et la consultation
- II. Traitement de l'Image et Patrimoine
- III. Traitement des objets muséologiques
- Références

REPERAGE DES RESSOURCES

- De l'analyse à la synthèse de l'image - De la forme au geste
- Forme et couleur - un problème d'apparence
- De l'image à l'objet
- Consultation interactive d'images et réalité virtuelle
- Geste, mouvement et capture
- Références

REPERAGE DES RESSOURCES

- Remarques sur les réseaux informatiques

REPERAGE DES RESSOURCES

L'art peut inspirer la science et la technologie

STRATEGIES SCIENTIFIQUES

Musique

I. Originalité et structure de la recherche interdisciplinaire dans le domaine AST

II. L'émancipation de la recherche technologique

III. L'ingénierie des immatériaux : dynamique des techniques et activités de conception

IV. Le rôle de l'Etat : pour la création d'un organisme gouvernemental de l'information technologique

V. L'interactivité et son évolution technologique

VI. Pour une meilleure articulation de la recherche musicale, de la formation à la recherche et de la musicologie du XXème siècle

VII. L'avenir de l'organisation du travail dans le domaine AST

STRATEGIES SCIENTIFIQUES

Thèmes d'étude dans le domaine des Arts Visuels et corporels

Quelques spécificités de la recherche liée aux arts visuels

Critères structurants pour le développement actuel des arts visuels liés à la science et à la technologie

Quelques thèmes de recherche dans le domaine des arts visuels liés à la science et à la technologie

Quelques axes par domaines d'usages et d'applications

STRATEGIES SCIENTIFIQUES

Propositions de directions de recherche

Introduction

I. Recherches sur les outils conceptuels et matériels

II. Connaissance des propriétés humaines

III. Questions spécifiques au réseau

IV. Création musicale

V. Arts visuels et corporels

VI. Etude des synergies multisensorielles : image et son, geste et son, geste et image, geste-image et son

VII. Nouvelles formes artistiques intégrant les différents médias et les réseaux de télécommunications

VIII. Applications extra-artistiques

Bibliographie (Musique)

Bibliographie (Arts visuels et corporels)

Bibliographie (Geste et systèmes gestuels à retour d'effort)

STRATEGIES SCIENTIFIQUES

Introduction : l'impact des technologies industrielles sur les activités artistiques et sur la démocratisation culturelle

Première partie : l'exemplarité de l'économie de la musique

Deuxième partie : Culture, technologies et économie de marché

Conclusion : Pour une stratégie de veille économique

Annexe : Fiches spécialisées par secteurs

STRUCTURES JURIDIQUES

PROBLEMES SPECIFIQUES

Quelques cas particuliers

Problèmes de cloisonnement - Politique universitaire : Pourquoi un centre ?

Raideurs administratives

Problèmes de valorisation : un cas

REFERENCES

INDEX DES SIGLES

Lettre de mission à Monsieur Jean-Claude RISSET

31 mars 1998

Monsieur le Directeur,

L'évolution très rapide du numérique, de l'informatique et des réseaux ouvre de nouveaux champs de développement dont les enjeux artistiques sont considérables.

Le domaine des arts est important pour lui-même, mais aussi en relation avec l'efflorescence du numérique. Les arts alimentent des industries culturelles au marché potentiel considérable. Le progrès des sciences et des techniques fournit à l'art de nouveaux outils, de nouveaux matériaux et de nouvelles voies. L'art peut aussi être moteur de l'innovation scientifique et technologique. Les possibilités de l'informatique et du multimédia rendent possibles de nouvelles démarches heuristiques, pour lesquelles la recherche artistique peut être articulée avec la recherche fondamentale.

Il faut donc qu'une recherche organisée se mette en place sur un sujet qui implique toute une chaîne d'acteurs différents : chercheurs, créateurs, pédagogues, éditeurs, industriels, économistes... Il est particulièrement important que les préoccupations artistiques puissent pénétrer au cœur de la recherche. Or, par tradition, les arts n'ont pas en France la place qu'ils méritent dans les milieux de l'université et de la recherche.

Dans ce contexte, je vous confie une mission d'étude visant à stimuler la recherche scientifique et technologique dans les domaines artistiques.

Vous devrez notamment réaliser un repérage des centres de recherches et des activités de formation existant en France et en Europe, identifier les domaines porteurs, énoncer les obstacles spécifiques - administratifs en particulier - gênant le développement de ces domaines, faire des propositions de mesures incitatives, et notamment étudier la faisabilité d'un réseau ou d'un institut.

Vous serez pour cette étude assisté d'un comité provisoire dont la liste est donnée ci-après.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, à l'expression de mes sentiments distingués.

Claude ALLEGRE

Ministre de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie



**Responsable de la mission
Jean-Claude Risset**

Né en 1938. Études scientifiques : Ecole Normale Supérieure - Agrégation de physique - Doctorat ès-Sciences. Études musicales : piano - écriture - composition avec André Jolivet. Recherches avec Max Mathews aux Bell Laboratories (1964-1969). Chef du Département Ordinateur de l'IRCAM de 1975 à 1979. Professeur à l'Université d'Aix-Marseille de 1979 à 1985. Président de la section "Arts du Conseil Supérieur des Universités" en 1984 et 1985. Directeur de recherche au CNRS depuis 1985, responsable de l'Equipe Informatique Musicale du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS (UPR 7051). Responsable du DEA ATIAM (Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique).

Chercheur et compositeur. A contribué depuis les années 60 à l'exploration des possibilités musicales de la synthèse par ordinateur (synthèse des sons cuivrés, 1965, composition du son, sons paradoxaux et catalogue de sons synthétiques, 1969). Réalise en 1989 au Media Lab du MIT le premier "duo pour un pianiste". Nombreuses œuvres pour instruments, voix, ordinateur (Little Boy, Mutations, Dialogues, Inharmonique, Songes, Passages, Sud, Phases, Invisible, Elementa ...).

Premier prix de la Musique Numérique, Euphonie d'or, prix Magisterium au Concours International de Bourges (1980, 1991, 1998). Grand prix Sacem de la promotion de la Musique Symphonique, 1981. Médaille d'argent du CNRS 1986. Prix Ars Electronica, 1987. Grand Prix National de la Musique 1990. Docteur Honoris Causa de l'Université d'Edimbourg, 1994.

Membres du comité d'orientation (par ordre alphabétique)

Bernard Bovier-Lapierre

Economiste. A enseigné à Sciences Politiques comme maître de conférences. Connaît bien les problèmes technologiques vus sous l'angle de l'économie et de la concurrence, et par exemple l'impact des nouvelles technologies sur la musique commerciale. A effectué plusieurs études pour des ministères (accords économiques et culturels du GATT)

Claude Cadoz

Né en 1948, Ingénieur de recherche du Ministère de la Culture. Ingénieur diplômé de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, habilité à diriger des recherches. Fondateur et directeur de l'ACROE (Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression). Claude Cadoz a initialisé dès 1975 le domaine des réalités virtuelles par ses travaux sur la modélisation physique pour la synthèse sonore et les interactions gestuelles avec un ordinateur. Il a été l'auteur avec Jean Loup Florens des premiers périphériques gestuels à retour d'effort en 1978, inventions sur lequel il est co-auteur de deux brevets. Il a dirigé 9 thèses de doctorat 3ième cycle. Il enseigne dans les formations doctorales DEA ATIAM et DEA Informatique et Systèmes de Communication de Grenoble.

Il a publié chez Flammarion, dans la collection "domino", l'ouvrage intitulé "les réalités virtuelles". Cet ouvrage a été traduit en 6 langues. Il a dirigé 9 thèses de doctorat 3ième cycle. Il est co-auteur du film musical ESQUISSES, produit par l'ACROE en 1993. Claude Cadoz est également secrétaire de la Société Française d'Informatique Musicale, créée en 1996 et membre du conseil d'administration de l'IRCAM.

Patrick Callet

Patrick Callet, né en 1952, diplômé de l'université Paris 6 (Géophysique externe), docteur de l'Ecole centrale de Paris, habilité à diriger des recherches, a enseigné dans le secondaire et le supérieur. Enseigne à l'Ecole centrale de Paris (depuis plus de 10 ans) et à l'INSA de Rouen où il effectue son travail de recherche. A occupé divers emplois dans l'industrie (bâtiment, synthèse d'images, notamment). S'intéresse aux développements des technologies de transfert de l'image et de l'objet (prototypage). Collabore avec diverses institutions sur le thème de la couleur (capteurs, calcul, modèles) et de l'image numérique (LRMF, Collège de France, INSA de Rouen notamment).

Patrick Callet a publié un "traité de physique pour imagineurs numériques" paru aux éditions Diderot Arts et Sciences : "Couleur-lumière, couleur-matière". Il a organisé diverses manifestations: colloque : "Corot : conservation, couleur, calcul" avec le LRMF (Laboratoire de Recherche des Musées de France), Journées "Images et Couleurs" - CNRS et LRMF au Louvre, 3ième symposium "L'ingénieur et l'Art" - ENSAM d'Aix en Provence, avec Georges Courtés, astrophysicien, Edition d'un CD-ROM "Couleur œuvre d'art et numérisation.

Patrick Callet est membre de l'Association Française d'Informatique Graphique et de nombreuses associations culturelles ou professionnelles. Il est également gérant de la société DPI, Des Professionnels de l'Image--"l'image réfléchie"

Michel Decoust

Né à Paris en 1936. Études au Conservatoire National Supérieur de Musique de Paris. Premier

prix d'harmonie, de direction d'orchestre, d'analyse. Prix de contrepoint et de composition. Grand prix de Rome. Prix international de Composition de Sienne. Prix de Direction d'orchestre de Besançon. Professeur de Composition au Dartington College. Fondateur du Conservatoire de Pantin. Mise en place de l'orchestre philharmonique de la Loire de 1967 à 1970. Responsable du Département Pédagogie de l'IRCAM de 1976 à 1979. Directeur Délégué de la Musique à la Villette en 1987 et 1988. Inspecteur Général de la musique au Ministère de la Culture depuis 1979.

Compositeur (Prix de Rome). Directeur de 1970 à 1976 du Conservatoire de Pantin, où il a défini avec les enseignants une pédagogie innovante. Responsable du Département Pédagogie à l'IRCAM de 1976 à 1979. A joué un rôle essentiel pour développer de 1976 à 1989 la recherche musicale dans diverses institutions. Ses avis seront précieux à un moment où il est question de regrouper au Ministère de la Culture les directions de la musique et de la danse d'une part, du théâtre d'autre part: la recherche musicale, jusqu'ici bien prise en compte à la direction de la musique, risque d'en souffrir beaucoup.

Hugues Dufourt

Né en 1943. Etudes universitaires : Agrégation de philosophie en 1967. Études musicales : piano - écriture - composition. Assistant (1968-1970), maître assistant (1970-1971) en philosophie à l'université de Lyon II, puis titulaire à l'Université Jean Moulin de Lyon III (1971-1979). Chargé de recherche au CNRS (1979-1984). Directeur de recherche au CNRS depuis 1985. Fonde et dirige (de 1982 à 1994) le Centre d'Information et de Documentation " Recherche Musicale ", unité mixte du CNRS bénéficiant du soutien de l'École Normale Supérieure, de la Direction de la Musique au Ministère de la Culture et de la Direction de la Recherche au Ministère de l'Éducation Nationale. Fonde et dirige depuis 1989 la Formation Doctorale " Musique et Musicologie du XX^{ème} siècle " accréditée par L'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

Chercheur et compositeur : Grand prix de la musique de chambre (SACEM) en 1975, Grand prix de l'Académie Charles Cros en 1980, Prix Koussevitski en 1985, Prix du jury du Festival Musique en Cinéma en 1987, Prix des Compositeurs de la SACEM en 1994.

Ses travaux sur l'histoire sociale de la musique prennent en compte le rôle important de l'innovation technologique depuis la " révolution électrique " qui a permis au traitement du son d'échapper aux contraintes mécaniques. Le DEA qu'il dirige introduit dans la musicologie française les problèmes de la création contemporaine, incluant ses aspects scientifiques et technologiques.

Michel Florenzano

Architecte DPLG. Chargé de recherche au CNRS. Directeur du GAMS AU (Groupe d'études pour l'application des méthodes scientifiques à l'architecture et l'urbanisme), URA 1247. Depuis le début des années 70, le GAMS AU, fondé par Paul Quintrand, a joué un rôle de pionnier dans l'application de l'informatique à l'architecture. Membre de la section 39 (Espaces, territoires, sociétés) du Comité National du CNRS.

Marianne Lyon

Directrice du Centre de Documentation pour la Musique Contemporaine (CDMC).

Annie Luciani

Née en 1950, Ingénieur de recherche du Ministère de la Culture. Ingénieur diplômée de

l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Fondatrice et directrice de l'ACROE (Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression), Institut National Polytechnique de Grenoble.

Annie Luciani a initialisé en 1975 les travaux en modélisation physique pour la synthèse d'images animées et l'animation par ordinateur contrôlée en temps réel gestuellement. Elle a dirigé 6 thèses de doctorat de 3ième cycle. Elle enseigne dans les formations doctorales DEA Imagerie-Vision- Robotique de Grenoble et DEA d'informatique de Marne la Vallée.

Elle est co-auteur du film musical ESQUISSES, produit par l'ACROE en 1993. Elle est co-éditrice de l'ouvrage "Virtual Environments" édité chez Springer-Verlag. Elle est Présidente de l'Association Française d'Informatique Graphique et membre du comité de lecture de la Revue internationale de CFAO et d'informatique graphique.

Henri Maître

Professeur au département TSI de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications. Effectue des recherches sur le traitement numérique de l'image, et notamment sur l'analyse d'images des œuvres d'art pour l'aide au conservateur et à l'historien d'art : analyse des peintures : amélioration de la lisibilité, détection des repentirs, des réseaux de craquelures, des signatures, des écritures manuscrites ...; analyse de la couleur en peinture (pointillistes ...); acquisition de formes d'objets d'art 3D : statues, sceaux, pièces de ferronnerie, objets anciens; stockage, archivage, consultation et protection des images numériques d'œuvres d'art.

Henri Maître a travaillé sur plusieurs contrats avec le Ministère de la Culture et le LRMF (laboratoire de Recherche des Musées de France), et a encadré 4 projets européens incluant des travaux sur les techniques de traitement d'images appliquées aux œuvres d'art.

Henri Maître est éditeur associé de la revue IEEE Trans. on Image processing et de la revue Pattern Recognition

Joelle Metzger

Chargée d'études pour les nouvelles technologies et la vidéo à la DRAC Provence-Alpes-Côte d'Azur. A été directeur-adjoint de l'IMEREC (Institut Méditerranéen de Recherche et de Création, dirigé par Jean-Claude Passeron), chargée des programmes artistiques (impliquant l'accueil d'artistes) et de leur coordination avec les programmes scientifiques. A créé et dirigé les "vidéochroniques". Travaille actuellement sur la question des contenus dans l'usage pédagogique des nouvelles technologies et du multimedia, en liaison avec l'Education Nationale.

Résumé du rapport ART-SCIENCE-TECHNOLOGIE (AST)

Dans son introduction, le rapport expose les raisons qui militent pour renforcer les activités de recherche, de développement et de formation associant art, science et technologie (AST). Actuellement les arts sont très peu présents en France dans la recherche scientifique et technologique. Pourtant les enjeux du rapprochement de la création artistique et de la recherche scientifique et technologique sont aujourd'hui très importants à plusieurs égards.

La recherche artistique vise bien sûr la création artistique. L'expression artistique ne peut tourner frileusement le dos à son époque et exclure les acquis scientifiques et technologiques de son temps.

Les exigences de l'art et les connaissances opératoires des artistes ont de tout temps stimulé et inspiré la recherche scientifique et l'innovation technologique - bien plus qu'on ne le croit généralement.

Les enjeux économiques de la recherche artistique sont considérables. Les applications de la recherche en art concernent l'activité artistique professionnelle mais aussi l'éducation et les loisirs. Les arts alimentent des industries culturelles au marché potentiel très important.

De la confrontation entre l'exigence et la capacité créatrice et la puissance analytique et technique peuvent naître des possibilités neuves et riches. Il est important de faire cohabiter et interagir dans certains lieux une logique artistique, une logique scientifique et une logique technologique. Mais il est actuellement difficile en France de justifier l'accueil dans les laboratoires d'artistes dont les pratiques n'ont pas de reconnaissance universitaire. Il est tout aussi difficile de légitimer et d'évaluer les recherches touchant au domaine de la création artistique, qui n'a pas sa place à l'université ou dans les organismes de recherche. Il faut donc donner une réponse institutionnelle à ce problème de cohabitation.

Le présent rapport approfondit ces attendus et examine les moyens de renforcer la synergie art-science-technologie. **Le premier tome**, synthèse et corps de propositions, s'efforce de rester concis, et il renvoie à **un second tome** de textes plus complets d'analyse et de documentation. Le rapport est articulé suivant cinq axes.

Le repérage des ressources présente d'abord une liste de groupes français susceptibles de participer à un programme art-science-technologie, en les classant suivant trois niveaux : groupes de terrain déjà actifs dans le domaine art-science-technologie et pouvant être immédiatement constitutifs d'un réseau d'unités de recherche (au nombre d'une dizaine environ) ; groupes susceptibles de répondre à des appels d'offre (au nombre d'une cinquantaine environ) ; ressources périphériques susceptibles de collaborer à des travaux dans le domaine AST (au nombre d'une quarantaine environ). Il indique aussi des groupes ou sociétés actifs à l'étranger dans ce domaine.

Il donne ensuite une perspective historique du domaine de la musique électronique et de l'informatique musicale et en souligne les aspects marquants. Il met en lumière les ancrages technologiques de la recherche artistique : enregistrement et radio pour la musique électroacoustique, ordinateur pour l'informatique musicale, traitement du signal et informatique pour l'image fixe et animée. Il rappelle que ce sont les recherches en informatique musicale qui ont permis l'émergence d'une industrie de la lutherie numérique dominée par le Japon et à un moindre degré les Etats-Unis. Il souligne le rôle essentiel du Ministère de la Culture dans le démarrage, le financement et le soutien de ces recherches, spécialement dans le domaine musical. Cependant la plupart des emplois BCRD (Budget civil de recherche et développement) attribués à la culture sont dévolus au patrimoine, et ces emplois sont en régression malgré les enjeux actuels du numérique et du multimédia. Il fournit un historique sur l'informatique graphique et la synthèse d'image. Dans le domaine des arts visuels, aucune institution ne consacre de moyens substantiels à la recherche artistique : la France prend depuis dix ans un retard dangereux par rapport à ses voisins européens (Angleterre, Allemagne, Autriche) pour la recherche graphique en collaboration avec des artistes, malgré des activités de production et de formation substantielles dans le domaine du cinéma. En dépit de certaines réussites, la valorisation industrielle reste insuffisante.

Les remarques sur les réseaux informatiques apportent un questionnement plutôt que des réponses sur ces ressources nouvelles qui bouleversent les conditions du domaine art-science-technologie. Il est précisé enfin, comme il a été dit dans l'exposé des motifs, que l'art a souvent été et peut être une ressource pour la science et la technologie.

L'étude des stratégies scientifiques met en relief la spécificité de la recherche artistique, interdisciplinaire par nature. Cette recherche ne se réduit pas à une prestation de services techniques aux artistes. Elle souffre des cloisonnements entre disciplines et de la dimension trop importante des unités de recherche. Elle analyse les rapports complexes qu'entretiennent arts et sciences en dénonçant les mythes scientifiques ou technocratiques qui laissent croire qu'on peut moderniser l'art en lui transférant directement des modèles issus de la science ou lui appliquant des outils produits à des fins scientifiques ou technologiques. Elle étudie les dynamiques propres à la recherche technologique et à l'ingénierie des "immatériaux" - devenus essentiels dans le domaine numérique. Elle identifie certains secteurs, certaines caractéristiques récentes et importantes comme l'interactivité. Elle recommande d'étendre à l'immatériel, aux "marchés de l'imaginaire", les principes de la *veille économique* - concernant les domaines sensibles de recherche ; l'émergence de nouveaux besoins naissant des modifications des attitudes, modes de vie, cultures au sens large ; la normalisation, le développement et l'industrialisation des produits nouveaux répondant à ces nouveaux besoins. Elle suggère de créer un organisme gouvernemental d'information technologique - jouant un rôle de veille et de diffusion d'information concernant les innovations et les débats de normalisation - à l'intention des chercheurs et surtout des entrepreneurs industriels, sans que cela implique l'intervention de l'État dans les choix opérés. Elle analyse diverses résistances à la mise en œuvre de programmes AST et à leur valorisation économique efficace. Elle envisage l'interactivité et son potentiel artistique. Les possibilités d'interactivité et de délocalisation pourraient changer radicalement la nature des pratiques et des produits pédagogiques et artistiques. Elle propose une meilleure articulation de la recherche musicale, de la formation à la recherche et de la musicologie contemporaine entre tutelles universitaires et culturelles.

Dans le domaine des arts visuels, les stratégies découlent du bilan fait dans le repérage des ressources. Au delà de secteurs séparés comme cinéma et arts plastiques, il faut envisager le domaine plus large des arts visuels.

L'étude propose ensuite certaines **directions de recherche** : application des nouvelles technologies à la musique et la musicologie du XXe siècle, et aussi à d'autres domaines comme la signalétique sonore ; l'imagerie et traitement d'images pour les objets muséographiques ; la création d'images nouvelles ; l'étude des synergies multi-sensorielles ; les nouvelles formes artistiques intégrant les différents médias et les réseaux de télécommunications.

Une réflexion sur **les enjeux économiques** du domaine et leurs implications pour la politique technologique conduit aux suggestions suivantes.

Les enjeux économiques de la recherche artistique peuvent être considérables. Ainsi le marché de la musique de synthèse est très supérieur à celui de la parole de synthèse. Il faut souligner aussi les retombées commerciales de la synthèse et du traitement numérique des images : la production française n'arrive pas à répondre à la demande en accroissement constant d'images animées à vocation culturelle, éducative ou de loisirs.

A titre d'exemple, l'importance économique et sociale des jeux numériques, qui se fondent sur le multimédia et l'introduction systématique de la réactivité des systèmes. Il faut ici analyser les discours et les pratiques de la concurrence, européenne et au delà (USA, Japon,...), en ce qui concerne les pratiques et les industries culturelles, la diffusion de l'innovation technologique et ses effets sur la conquête des marchés, et aussi le problème de la propriété intellectuelle face aux pratiques commerciales.

Une étude détaillée, nourrie de tableaux statistiques, démontre l'importance des enjeux économiques des activités artistiques et culturelles, qui se traduisent par une dépense culturelle (collectivités publiques et ménages) approchant en France trois cents milliards annuels. Cette étude analyse l'impact décisif des technologies industrielles sur les activités artistiques et sur la démocratisation culturelle. Le passage de l'artisanat à l'industrie de certains vecteurs de la culture savante a entraîné la reproduction en série, la diffusion massive des biens culturels, la part accrue de la "domotique" par rapport au spectacle vivant, la situation économique défavorable de la culture savante en regard du loisir-divertissement industriel. Les stratégies de vente de groupes mondiaux d'électronique grand public deviennent prioritaires sur les stratégies de création. Il est suggéré d'étendre la veille économique aux industries culturelles et au domaine AST. Un certain nombre de tableaux chiffrés confirme le poids économique des biens et activités culturels : les aides publiques à la culture peuvent donc être considérées comme des investissements.

L'explicitation des problèmes spécifiques met en relief plusieurs freins au développement des recherches AST : multiplicité des tutelles ; absence de reconnaissance scientifique d'un domaine recoupant plusieurs champs, alors que la recherche française est sectorisée à l'excès ; tendance dans les Universités et au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) à privilégier les grosses unités, alors que l'innovation fleurit généralement dans les très petites équipes (ce fut le cas pour la création d'entreprises comme Intel et Apple) : les équipes pointues d'effectif réduit et aux capacités pluridisciplinaires spécifiques tendent à être diluées, noyées, marginalisées et banalisées dans des équipes plus importantes, qui seules retiennent l'attention des directeurs d'établissement. Ceci amène à un ensemble de propositions à court terme qui devraient aider à préserver, dans les domaines de la recherche et de la formation, un existant menacé, et à prévoir un dispositif pour couvrir les secteurs négligés. Parmi ces propositions, un accord-cadre Ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Technologie (Universités et Centre National de la Recherche Scientifique) - Ministère de la Culture et de la Communication ; la création d'une école doctorale impliquant les deux DEA existants, mais remaniés (ATIAM et Musique et Musicologie du XXe siècle) et un nouveau DEA national tourné vers les aspects artistiques de l'image ; la reconnaissance universitaire d'ingénieurs du Ministère de la Culture habilités à diriger les recherches ; l'aide au recrutement par le fléchage de postes ; la possibilité de flécher des crédits BCRD gérés en collaboration avec le Ministère de la Culture pour les recherches AST.

Sous la rubrique "**Structures juridiques et propositions d'organisation**" sont inventoriées diverses structures pouvant favoriser et fédérer les actions de synergie entre arts, science et technologie : contrats, ou conventions (Groupement d'Intérêt Scientifique - GIS, Groupement de Recherche - GR, Groupement Scientifique - GS), groupements de droit privé (Associations, Fondations, Groupement d'Intérêt Économique - GIE) ou public (Groupement d'Intérêt Public - GIP, Établissement Public). Les critères qui pourraient servir à évaluer les divers schémas sont les suivants : capacité d'une structure à répondre efficacement aux objectifs qui lui sont posés (par exemple en mobilisant des financements, en embauchant des personnels, en contractant avec des partenaires), potentiel d'interaction avec les acteurs

institutionnels du domaine, souplesse de son organisation autorisant l'innovation et la création, efficacité financière et budgétaire, et clarté de la gestion tant face aux tutelles qu'au public.

Dans le cas AST, il faut veiller particulièrement à la pérennité de la structure ; à la souplesse des interactions entre les tutelles (Éducation Nationale, Universités, CNRS, Ministère de la Culture, IRCAM, INA, INRIA, Télécom, Collectivités régionales, etc.) ; à la capacité d'accueil d'acteurs de différents statuts et niveaux de formation et de vie professionnelle.

Des propositions d'organisation font suite à ces considérations. Elles concernent la mise en place de structures pouvant favoriser le développement et la valorisation de la recherche en art-science-technologie : constitution d'un réseau pouvant prendre la forme d'un GIP, définition d'un institut interministériel et interdisciplinaire. Elles comportent aussi l'élaboration de mesures pour faciliter les interactions art-science-technologie dans la recherche, le développement et la formation.

La conclusion avance des **recommandations** en vue de renforcer et de valoriser la recherche française en art, science, technologie. Le domaine AST apparaît d'une importance stratégique, mais il ne concerne pour l'instant pas assez de personnes pour que les problèmes spécifiques que pose son épanouissement soient pris en compte dans la logique normale des institutions.

Un certain nombre de mesures d'ordre administratif et réglementaire devrait permettre de résoudre les divers problèmes spécifiques, notamment les cloisonnements et les différences de statut, qui font obstacle au développement des activités AST.

Il semble indiqué dans un premier temps de mettre en place un réseau interministériel fédérateur à partir de quelques groupes de terrain reconnus pour leur action d'excellence dans l'un des thèmes AST. Un tel réseau devrait prendre la forme d'un Groupement d'Intérêt Public (GIP) doté d'un Conseil d'Administration et d'un Conseil Scientifique et Artistique, afin d'assurer la prise en compte des logiques spécifiques des actions AST, ce qui n'est pas le cas dans les structures existant actuellement. Un GIP pourrait accueillir des personnels en détachement; il permettrait de mettre en place des liaisons, des processus d'évaluation, des aides incitatives permettant d'intéresser des chercheurs d'autres équipes. Sur ce dernier point, le programme RNRT - Réseau National de Recherche en Télécommunications - donne un exemple intéressant de structuration d'actions incitatives : mais les spécificités du domaine AST commandent des modifications substantielles à ce modèle.

Même s'il s'agit d'une structure lourde, il paraît nécessaire de préparer dès maintenant la création d'un Institut interministériel (établissement public) pour assurer reconnaissance, fonctionnement efficace et pérennité du domaine AST. Un tel établissement, accueillant les diverses disciplines artistiques devrait permettre l'accueil, à divers niveaux de la formation et de la vie professionnelle, d'intervenants d'origines diverses - chercheurs scientifique, chercheurs du domaine de la culture, acteurs et industriels des domaines culturels et multimédia - dans des unités et des projets permettant leur fécondation réciproque.

Introduction : Exposé des motifs

Les arts sont très peu présents en France dans la recherche scientifique et technologique.

Il y a à cela des raisons historiques : contrairement au cas de certains pays (les États-Unis par exemple), les pratiques artistiques et les enseignements artistiques professionnels sont en France absents de l'Université, où la place des arts se limite le plus souvent à des études historiques ou analytiques d'œuvres du passé.

Pourtant la recherche en art, tout en ayant sa spécificité, est bien une recherche de type scientifique et technologique, susceptible de critères de scientificité. **Les enjeux du rapprochement de la création artistique et de la recherche scientifique et technologique sont aujourd'hui très importants à plusieurs égards.**

La recherche artistique vise bien sûr la création artistique. L'expression artistique ne peut tourner frileusement le dos à son époque et exclure les acquis scientifiques et technologiques de son temps. La chambre noire a déterminé l'usage de la perspective chez Alberti, Brunelleschi et les peintres de la Renaissance. L'identification des harmoniques par Mersenne et Sauveur sous-tend la théorie de la basse fondamentale de Rameau. La photographie a détourné les peintres des fonctions de représentation, ouvrant la voie à l'impressionnisme, au cubisme, à l'art abstrait et à l'hyperréalisme. Les nouveaux matériaux ont donné lieu à de nouvelles architectures. L'électroacoustique et le son numérique jouent un rôle important dans la création musicale d'aujourd'hui. L'enjeu proprement artistique est hautement significatif.

Les exigences de l'art et les connaissances opératoires des artistes ont de tout temps - depuis Pythagore et Aristoxène - stimulé et inspiré la recherche scientifique et l'innovation technologique. Ainsi l'orgue réalise la première séparation entre énergie et information de contrôle - par l'intermédiaire des premiers claviers ; les facteurs d'orgue ont mis en œuvre la synthèse additive de timbres musicaux des siècles avant Fourier. Les machines à musique sont les premiers exemples connus de programmes enregistrés. Selon l'historien britannique Geoffroy Hindley, la notation musicale occidentale a inspiré les systèmes de coordonnées cartésiennes. Le concept d'intelligence artificielle a été énoncé pour la première fois vers 1840 par Lady Lovelace à propos de la composition musicale automatisée. C'est en vue de la création musicale que Max Mathews a mis en œuvre en 1957 l'enregistrement et la synthèse numérique des sons. L'exploration par des compositeurs des ressources de la synthèse des sons a révolutionné notre compréhension de la perception auditive. L'invention de certaines machines à peindre doit plus à des artistes qu'à des techniciens. Plusieurs grands logiciels industriels de synthèse d'image (Softimage, Explore) sont nés dans des institutions à vocation culturelle et artistique (Office National du Film Canadien, Institut National de l'Audiovisuel).

Les enjeux économiques de la recherche artistique sont considérables. Les arts alimentent des industries culturelles au marché potentiel très important. La dépense culturelle nationale approche trois cents milliards de francs, comme il est précisé dans le chapitre "Les enjeux économiques". Les applications de la recherche en art concernent l'activité artistique professionnelle mais aussi l'éducation et les loisirs. C'est la recherche en informatique musicale, impulsée de façon décisive par des musiciens soucieux d'étendre le vocabulaire sonore de la création musicale contemporaine, qui a permis l'émergence dans les années 80 de l'industrie des synthétiseurs numériques. Actuellement le développement rapide du numérique, de l'informatique et des réseaux ouvre de nouveaux champs de développement. Les possibilités de l'informatique et du multimédia rendent possibles de nouvelles démarches pédagogiques et culturelles. Mais il y a des obstacles à l'innovation et à sa valorisation, parmi

lesquelles la prédominance des gros laboratoires - alors que l'innovation fleurit dans les petites unités - et aussi la difficulté de créer des entreprises.

De la confrontation entre l'exigence et la capacité créatrice et la puissance analytique et technique peuvent naître des possibilités neuves et riches. **Il est important de faire cohabiter et interagir dans certains lieux une logique artistique, une logique scientifique et une logique technologique.** De telles rencontres et interactions existent dans des institutions étrangères comme le Media Lab du M.I.T., le C.C.R.M.A. de Stanford, le C.N.M.A.T. de Berkeley, la firme de recherche Interval Research de Silicon Valley, le Zentrum für Kunst und Medium Technologie de Karlsruhe. Mais il est actuellement difficile en France de justifier l'accueil d'artistes dont les pratiques n'ont pas de reconnaissance universitaire. Ainsi un organisme culturel français voulant réaliser un projet artistique impliquant l'informatique a dû faire appel à des informaticiens étrangers ayant une expérience de travail avec des artistes. Il est tout aussi difficile de légitimer et d'évaluer les activités de recherche touchant au domaine de la création artistique, qui n'a pas sa place à l'université ou dans les organismes de recherche. Bien des difficultés que l'on rencontre dans la mise en œuvre de la recherche en art se retrouvent pour les recherches trans- ou pluridisciplinaires (ainsi, dans un DEA ou un DESS, on ne peut confier des responsabilités à un industriel sans titres universitaires). Le Ministère de la Culture joue un rôle décisif pour financer certaines recherches, mais il se heurte à des difficultés concernant structures et statuts.

Il faut donc donner une réponse institutionnelle à ce problème de cohabitation.

Le présent rapport approfondit ces attendus et examine les moyens de renforcer la synergie art-science-technologie (AST). Il est articulé suivant cinq axes : repérage des ressources, étude des stratégies scientifiques, enjeux économiques, problèmes spécifiques, structures juridiques et propositions d'organisation. La conclusion avance certaines recommandations.

A - Repérage des ressources

Groupes français susceptibles de participer au programme Art-Science-Technologie (AST)

Ce document esquisse une quantification de l'état des ressources en France en matière d'AST ainsi qu'une catégorisation opératoire en trois niveaux :

- les groupes de terrain actifs dans le domaine AST et pouvant être immédiatement constitutifs d'un réseau d'unités de recherche et pouvant jouer le rôle de pôles d'attraction et de rayonnement (groupes pilotes)
-> leur nombre est de l'ordre de la dizaine ;
- les groupes de terrain susceptibles de répondre à des appels d'offre (certains de ces groupes consacrent déjà tout ou partie de leur activité au domaine AST) :
-> leur nombre est de l'ordre de la cinquantaine ;
- les ressources périphériques susceptibles de collaborer à des travaux dans le domaine AST :
-> leur nombre est de l'ordre de la quarantaine.

La liste effective des groupes est donnée dans le tome II de ce rapport. On y trouvera aussi la mention de groupes ou de sociétés actifs à l'étranger dans le domaine AST.

Dans les trois niveaux, et particulièrement dans le premier niveau, les diverses disciplines artistiques sont représentées.

Du point de vue géographique, on trouve des groupes nombreux à Paris et en Ile de France et dans le sud de la France ; un nombre moins élevé dans l'Est et le Nord, et peu de groupes dans l'Ouest. Il faut bien sûr relativiser ce survol statistique : les poids et l'influence des divers centres sont souvent sans commune mesure.

Du point de vue des tutelles, on trouve des groupes universitaires, des groupes du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), et des groupes subventionnés pour tout ou partie par le Ministère de la Culture et de la Communication (MCC). Le MCC maintient le cap vers des développements artistiques en apportant une expertise qui n'est pas présente au sein des Universités ou des grands établissements de recherche.

Sur le plan pédagogique, l'enseignement supérieur est assuré par les Universités, y compris dans les disciplines artistiques, qui relèvent de la 18ème section du Conseil National des Universités (Esthétique et Sciences de l'art). Dans le domaine AST, il faut noter particulièrement les DEA Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique (ATIAM, Université d'Aix-Marseille II et Université Paris VI) et Musique et Musicologie du XXème siècle (Ecole Pratique des Hautes Études) - ces deux DEA étant hébergés par l'IRCAM - et le DEA Esthétiques, Technologies et Création Artistique de l'Université Paris 8.

Ces enseignements répondent à un besoin, mais ils rencontrent des difficultés liées à leurs spécificités AST (cf. ci-dessous, "Stratégies scientifiques" et "Problèmes spécifiques").

Mais il faut noter qu'en France l'université ne participe pratiquement pas à l'enseignement des pratiques artistiques. Les enseignements artistiques pratiques - on parle d'enseignement supérieur spécialisé - sont sous la tutelle du Ministère de la Culture et de la Communication : Écoles des Beaux-Arts, Conservatoires Nationaux de Musique de Paris et de Lyon (CNSM), Ecole de théâtre de Strasbourg, Écoles d'architecture. Beaucoup de progrès y ont été accomplis depuis 25 ans en ce qui concerne l'apprentissage et l'élargissement des répertoires. En revanche l'aspect 3ème cycle (recherche) est difficile à prendre en compte : certains établissements d'enseignement spécialisé comme le CNSM Paris cherchent à se rapprocher des Universités en vue de faire reconnaître certains diplômés.

Ce recensement, certainement incomplet, et cette catégorisation ne doivent être considérés que comme provisoires. Ils ont été nécessaires au chiffrage des ressources et à l'évaluation des besoins en moyens structurels, humains et matériels en matière d'AST en France.

Musique électronique et informatique musicale

Le texte du tome II, "Musique électronique et informatique musicale : historique, faits marquants et situation actuelle", donne une perspective historique du domaine et en souligne les aspects marquants. Il met en lumière les ancrages technologiques de la recherche artistique : enregistrement et radio pour la musique électroacoustique, ordinateur pour l'informatique musicale, traitement du signal et informatique pour l'image fixe et animée. Il rappelle que ce sont les recherches en informatique musicale qui ont permis l'émergence d'une industrie de la lutherie numérique dominée par le Japon et à un moindre degré les États-Unis. Il souligne le rôle essentiel du Ministère de la Culture dans le démarrage, le financement et le soutien de ces recherches dans le domaine musical, et les difficultés institutionnelles qu'elles rencontrent malgré des réussites qui auraient dû déboucher sur des valorisations industrielles. L'IRCAM a pu naître en dehors des structures existantes en raison d'une circonstance particulière, mais cela lui a permis de survivre et d'implanter solidement et légitimement des recherches avancées d'informatique musicale. Simultanément à la création de l'IRCAM, le soutien du Ministère de la Culture a permis l'émergence d'une activité de recherche musicale diversifiée sur le territoire national. Mais la plupart des emplois BCRD attribués à la culture sont dévolus au patrimoine, et ces emplois sont en régression malgré les enjeux actuels du numérique et du multimédia. La pénétration du thème dans les Universités et les organismes de recherche est difficile : quand elle a lieu, les établissements se limitent souvent à une pratique d'hébergement sans soutien de la thématique ni considération pour ses problèmes spécifiques. (Cela vaut aussi pour d'autres domaines AST).

Un survol de l'informatique musicale indique que cette discipline, offrant à la fois outil et langage pour nombre de recherches, est devenue le noyau dur et le lieu fédérateur de la recherche musicale, et que ses développements ont nourri plusieurs domaines scientifiques et techniques.

Arts visuels numériques

Ce domaine tire parti de l'ordinateur et du traitement du signal. On peut y distinguer en particulier synthèse et traitement de l'image.

Le texte du tome II, "Arts visuels et synthèse d'image", donne un rappel historique avec diverses phases, notamment celle de la bataille des standards, le rôle du Media Lab, l'explosion de la synthèse d'images depuis 1985 environ. Les enjeux scientifiques, artistiques et industriels sont discutés. L'informatique graphique française n'intervient plus dans le domaine du matériel, et la plupart des laboratoires français ne se soucient pas des débouchés artistiques.

On trouvera aussi un bref inventaire des actions engagées en France en Arts Visuels Numériques et des institutions de formations.

Dans le domaine des arts visuels, aucune institution ne consacre de moyens substantiels à la recherche ou à la formation artistique : le repérage des ressources souligne le retard en France, par rapport aux voisins européens (Angleterre, Allemagne, Autriche), d'une recherche graphique en collaboration avec des artistes, même s'il y a une activité de production substantielle dans le domaine du cinéma. En dépit de certaines réussites, la valorisation industrielle reste insuffisante.

Concernant le "traitement de l'image", le texte du tome II distingue l'imagerie numérique pour l'archivage et la consultation, le traitement de l'image pour la préservation du patrimoine, et le traitement des objets muséologiques.

Egalement dans le tome II, le texte "De l'analyse à la synthèse de l'image - de la forme au geste" apporte des éléments sur les rapprochements transversaux actuels entre l'analyse et la synthèse de l'image d'une part et entre la représentation des objets et leur manipulation gestuelle.

Réseaux informatiques

Dans le tome II, les remarques sur les "réseaux informatiques" qui apportent de nouvelles ressources, apportent un questionnement plutôt que des réponses sur des ressources nouvelles qui bouleversent les conditions du domaine art-science-technologie : fragilité des réseaux ; accès futur libre ou commercialisé ; validation des informations disponibles ; vide juridique et problèmes de propriété intellectuelle et artistique ; recul du son avec le multimédia ; synergie des réalisations éparées ; rôle des institutions pour cette synergie et pour la "validation artistique".

Les arts peuvent inspirer la science et la technologie

Il est précisé enfin, comme il a été dit dans l'exposé des motifs, que l'art a souvent été et peut être une ressource pour la science et la technologie. Un certain nombre d'exemples ont été donnés dans l'introduction ci-dessus, qui expose les motifs d'une attention toute particulière à apporter au domaine AST : d'autres apparaissent dans le texte "Les arts peuvent inspirer la science et la technologie" (dans le tome II).

B - Stratégies scientifiques

PRÉAMBULE

L'activité artistique est une composante du développement de la société. Elle lui donne des représentations d'elle-même et du monde et lui permet de se mettre en projet. Elle participe, comme l'activité scientifique et l'activité technologique, au processus de connaissance et de transformation du monde par l'homme.

L'activité artistique suppose compétences, connaissances, outils matériels et intellectuels, actions : elle s'articule avec la science et la technologie. Cette articulation est très ancienne. Les arts ont tiré parti des technologies avancées de leur temps, et nombre de théories esthétiques ont été marquées par des considérations scientifiques. En retour les savoir-faire et les exigences artistiques ont souvent suscité des progrès techniques, voire stimulé des avancées scientifiques. La création artistique ne peut toutefois se réduire à l'application stricte de savoirs scientifiques ou technologiques et il ne peut exister de savoirs scientifiques ou technologiques définitifs d'où elle se déduirait. Parce qu'elle produit des objets matériels, des

artefacts, l'activité artistique utilise la technologie. Mais des technologies peuvent être utiles à l'art sans avoir été élaborées pour l'art, et l'art peut susciter des recherches et des développements technologiques ayant d'autres applications que l'activité artistique.

L'activité artistique est recherche en soi : comme la recherche scientifique, elle implique une attitude de questionnement.

L'activité artistique est indissociable de l'activité économique. Elle est fin et moyen. Fin en soi parce qu'elle n'a pas besoin d'autre légitimité que celle de sa fonction de représentation et de mise en projet de l'homme et du monde. Moyen parce que, comme toute activité humaine, l'activité artistique s'inscrit dans un processus matériel producteur de biens et de valeurs, de développements économiques.

Sa fonction économique ne saurait cependant la ranger au seul statut de "produit" : ce sont les produits en général qui doivent faire à l'art et à la création artistique la part qui leur revient.

a. stratégies scientifiques (Musique)

Les analyses qui suivent portent le plus souvent sur la recherche musicale : celle-ci est plus instituée que la recherche concernant les arts visuels, très peu représentée en France - notre pays prend depuis quelques années un retard inquiétant dans ce domaine vis-à-vis de nos grands voisins européens. La plupart des remarques faites ci-après à propos de la recherche musicale sont transposables aux autres domaines de la recherche artistique.

I. Originalité et structure de la recherche interdisciplinaire dans le domaine AST: recherche artistique

Les recherches associant art, science et technologie souffrent du refus d'admettre le principe même d'une science et d'une technologie à finalité artistique - en dépit de réussites exemplaires dans les sciences de la musique: l'informatique musicale est parvenu à synthétiser innovation scientifique, technologique et création musicale. Il y a à ce refus des raisons historiques: contrairement au cas de beaucoup de pays comme les États-Unis, les pratiques artistiques et les enseignements artistiques professionnels sont en France absents de l'Université.

Les recherches AST ne se réduisent nullement à des prestations techniques répondant à des demandes explicitées a priori par les artistes : très souvent, elles conduisent à de nouveaux matériaux ou de nouvelles façons de les élaborer et de les combiner, bouleversant ainsi la problématique artistique. Il est donc essentiel que des artistes puissent participer à ces travaux ou au moins y réagir. Une stratégie de recherche trop étroitement appliquée pourrait empêcher la découverte de solutions véritablement novatrices. Les recherches les plus significatives sont à long terme. Comme dans d'autres domaines de recherche, l'invention risque d'être inhibée par une planification trop serrée: la véritable innovation est celle qui dépasse le cadre prévu.

Interdisciplinaires par nature, les recherches AST sont étouffées par les cloisonnements entre disciplines et par l'organisation de la recherche, qui ne facilite pas l'interdisciplinarité. C'est pourtant à une problématique de l'interdisciplinarité qu'est suspendu le développement de la recherche artistique, qui doit à la fois se démocratiser et mieux s'articuler à la production artistique et aux industries culturelles.

La recherche artistique ne peut ignorer les rapprochements entre les disciplines scientifiques. Ainsi la recherche musicale se fonde sur l'entrecroisement de plusieurs disciplines - informatique, traitement du signal, acoustique instrumentale, acoustique des salles, psychologie cognitive de la musique, composition assistée par ordinateur - de même elle se nourrit du renouvellement mutuel de disciplines scientifiques qui elles-mêmes se recourent - optique, micro-électronique, propagation radio, techniques de codage et de compression, traitement du signal, systèmes d'information, matériaux, interfaces homme-machine, interconnexion des réseaux.

La dimension trop importante des unités de recherche peut représenter une entrave à la logique même de la recherche artistique. Les grands organismes n'ont de regard que pour les très grandes unités : ils tendent ainsi à mal traiter les disciplines naissantes. La concentration aboutit à une division du travail qui rétablit les cloisonnements et qui fait prévaloir le développement et l'utilisation des moyens techniques de la recherche sur les finalités de la recherche elle-même. Pour permettre à la recherche artistique de se renforcer, il conviendrait d'éviter les sectorisations excessives et de resserrer les liens interdisciplinaires.

En France, la place des arts à l'Université se limite généralement à des études historiques ou analytiques d'œuvres du passé. La recherche artistique est trop souvent réduite au commentaire académique et coupée de la production artistique. Même la recherche musicale, née et vivante en France, n'a pas suffisamment essaimé, faute de relais institutionnels et pédagogiques. Elle a subi des attaques mal documentées, qui l'ont fait voir comme une discipline subalterne, sans portée théorique réelle et sans incidence économique. Ces préjugés tenaces, desquels la société savante tire des arguments pour nourrir son hostilité à l'art, freinent l'essor d'un domaine artistique et technologique aux implications économiques non négligeables. Ne disposant que d'un très petit nombre de chercheurs et de créateurs dans ce domaine d'ailleurs tenu à bout de bras par le Ministère de la Culture, l'État ne s'est pas donné les moyens de faire face aux besoins sans cesse croissants en matière d'art, de techniques de l'art, de métiers de l'art, de formation à la recherche et d'éducation esthétique du plus grand nombre.

Alors qu'elle devient un enjeu démocratique, la recherche musicale ne connaît qu'une audience confidentielle et demeure l'apanage d'une minorité. Confinée dans un domaine étroit et ne disposant que d'une marge d'initiative réduite, elle s'épuise en justifications et devient l'otage de ceux-là même qui ont pour charge de la promouvoir. Ainsi les ingénieurs et les chercheurs sont-ils trop étroitement assujettis à des impératifs d'ailleurs contradictoires de recherche proprement dite et de valorisation, qui entrent eux-mêmes en conflit avec les nécessités de la production musicale et les exigences de la formation à la recherche. Peu nombreux, tiraillés entre des obligations qui deviennent peu compatibles entre elles, contestés sur le fond, les membres de cette communauté ne disposent plus du temps ni du recul qui sont nécessaires à toute démarche interdisciplinaire. Eux-mêmes sont contraints à se retrancher dans un domaine incontestable de compétences qui se hérissent de calculs défensifs. De fin première, la musique en vient insensiblement à se concevoir comme une recherche appliquée, une illustration ou un alibi pour des recherches qui se mènent indépendamment d'elle.

Il faut donc veiller à prévenir les dérives afin d'éviter toute interversion des fins et moyens. Pour être préservée, la recherche musicale doit atteindre une masse critique par le regroupement et l'embauche de chercheurs et d'ingénieurs, par la création d'une formation doctorale ouverte à la pratique de l'ordinateur en même temps qu'à la pratique musicale, et surtout par une organisation du travail qui permette de diversifier les tâches et les fonctions tout en les intégrant mutuellement. Une meilleure répartition des compétences et des facultés devrait permettre d'aborder pour eux-mêmes les problèmes de la création et de renoncer à l'idée assez vaine selon laquelle le seul développement technologique peut suppléer à tout et pallier notamment les carences de la recherche musicale et de la création.

Il faut également veiller aux risques de dérive qui pourraient résulter d'une politique consistant à financer la recherche musicale par des contrats avec l'industrie n'ayant pas de rapport direct avec cette recherche et ne visant pas pour autant à développer les industries culturelles. Bien des innovations qui ont eu des applications dans de multiples domaines sont issues d'une recherche purement musicale : il est important de préserver cette préoccupation artistique sans compromis. L'indispensable établissement des liens avec l'industrie ne doit pas se faire au détriment de la recherche musicale ni des industries liées à l'art. L'investissement croissant de la recherche musicale dans le domaine de la production artistique traditionnelle ne doit pas dissimuler l'intégration insuffisante de cette recherche au domaine qui pourrait être plus naturellement le sien, celui des industries culturelles.

C'est à un décloisonnement de l'ensemble des corps très spécialisés de la recherche musicale qu'il conviendrait de procéder en mettant un terme aux rivalités corporatistes qu'entretient un partage ambigu de compétences entre les tutelles ministérielles. La recherche musicale n'est pas reconnue comme recherche scientifique alors qu'elle en constitue une branche performante. Elle est entièrement soutenue par le Ministère de la Culture, qui apporte de plus des contributions significatives aux formations doctorales qui s'y rapportent ainsi qu'à la recherche documentaire. Paradoxalement, on peut déplorer en outre la résurgence d'une tendance scientiste au sein même du milieu de la recherche musicale, qui incline à s'inscrire dans le seul secteur Sciences pour l'Ingénieur alors qu'il ne se rattache plus aux sciences humaines que par le lien ténu de la musicologie. Il conviendrait de donner au corps de la recherche musicale - et à la recherche artistique en général - un caractère plus interministériel afin de limiter les dysfonctionnements qui résultent d'une réunion de chercheurs placés sous des autorités de tutelle qui persistent à s'ignorer.

L'actuel partage des compétences entre le Ministère de l'Éducation Nationale et celui de la Culture est à la source de dysfonctionnements structurels. Car on continue de développer un art qui n'est pas reconnu par l'enseignement supérieur et de délivrer un enseignement musicologique qui n'est pas étayé par la pratique musicale du plus haut niveau. Le développement du secteur AST s'en trouve compromis, car ce dernier repose sur une intrication de théorie et de pratique que la répartition actuelle de compétences entre les tutelles ne favorise pas.

L'exception française développe une musicologie universitaire académique validée par des diplômes, mais qui ne s'appuie pas sur la pratique artistique de haut niveau. Les Conservatoires Nationaux Supérieurs de Musique, quant à eux, sous-estiment la portée de la théorie dans la pratique de haut niveau. Il y a là une anomalie historique par rapport à l'Europe, et un danger réel. Ailleurs la musicologie pénètre davantage la pratique musicale et la fait évoluer - qu'on songe au cas exemplaire d'Harnoncourt.

Si les enseignements théoriques consacrés à l'informatique musicale commencent à être dispensés, les enseignements pratiques dans cette discipline qui prépare à la recherche, à la création et à la production n'ont pu voir le jour dans le cadre universitaire, faute de personnels d'encadrement, d'équipements, de locaux et de personnel administratif. Il serait regrettable que l'éducation nationale puisse donner l'impression d'attendre des personnels de la culture une transmission des savoirs et des savoir-faire ainsi qu'une contribution importante en locaux et moyens sans autre contrepartie que la délivrance de diplômes universitaires.

Le monde universitaire risque de rencontrer des difficultés croissantes à faire valoir ses titres à diriger une recherche et un secteur productif à l'essor desquels il n'a pas pris part. A l'inverse, il paraît douteux que le milieu de la culture puisse indéfiniment soutenir une recherche qui n'aura pas trouvé de relais universitaires ni industriels.

Les relations Art/Entreprise devraient évoluer, compte tenu des nouvelles compétences requises par la présence croissante des nouvelles technologies dans les arts. On peut envisager une nouvelle répartition de secteurs dans l'organisation du travail : fournisseurs/développeurs des machines de la recherche/création (synthèse d'image, de sons, logiciels spécialisés), éditeurs/diffuseurs des produits de la création, animateurs des manifestations (salons, écoles d'été, ateliers, académies...), exploitants des licences des produits de la recherche, développeurs des produits pédagogiques. Il faut reconsidérer les formations pour prendre en compte les besoins de nouveaux métiers à identifier.

Les relations entre le milieu des beaux-arts et celui de la science et de la technologie sont également à réexaminer du point de vue de l'évaluation. On devrait envisager un double type d'évaluation pour les personnels engagés dans la recherche en art : une évaluation spécifique concernerait les chercheurs dotés d'une double formation et capables de conduire des recherches mitoyennes pouvant aboutir à la fondation de nouvelles disciplines ; un autre type d'évaluation spécifique s'appliquerait aux experts qui, en faisant progresser leur propre domaine, permettent l'essor de disciplines connexes. L'aptitude à accélérer les phénomènes de convergence entre les disciplines et à créer par là de nouveaux objets, de nouvelles techniques de pensée et de nouvelles méthodes de travail, doit valoir pour elle-même, sans être toujours rapportée aux secteurs traditionnels de l'évaluation. Le métissage des disciplines doit cesser d'être considéré comme un rapprochement bâtard et apparaître au contraire comme un ressort fondamental de l'innovation. Cette fécondité doit être prise en compte dans les critères de l'évaluation disciplinaire.

Peut-on parler de façon plus centrale de la recherche artistique ?

Dans le tome II, plusieurs pages analysent cette problématique (cf. Stratégies scientifiques (musique), la recherche artistique). L'artiste effectue sa propre recherche pour produire des œuvres d'art : mais cette recherche qui lui est propre ne s'assimile nullement à la recherche scientifique. En revanche l'artiste peut dans une phase préalable développer des outils matériels ou conceptuels qui peuvent être d'intérêt collectif : il s'agit bien alors d'une recherche - *recherche artistique prospective pour l'art* , et non sur l'art, suivant les termes d'Élisabeth Duche.

La création artistique prend donc appui sur les développements d'une recherche artistique qui est en fait une recherche fondamentale de type scientifique ou technologique et qui relève de critères de scientificité. Il faut ajouter à ces critères un critère de signification de la recherche artistique : sa pertinence pour les artistes et la portée des œuvres qu'elle suscite ou permet de

réaliser. Ce critère est quelque peu évasif : il est difficile à apprécier, d'autant que la pertinence artistique d'une avancée peut se révéler tardivement.

Arts et sciences entretiennent des rapports complexes : il faut dénoncer les mythes scientistes ou technocratiques qui laissent croire qu'on peut moderniser l'art en lui transférant directement des modèles issus de la science ou lui appliquant des outils produits à des fins scientifiques ou technologiques.

Le chercheur scientifique vise des valeurs de connaissance, de preuve, de vérité. Le chercheur technologue vise une efficacité maximale et recherche un optimum rationnel dans la mise au point des procédés. L'artiste s'approprie souvent des modèles, mais il les détourne de leur finalité théorique, les transpose, les gauchit, inverse les normes logiques et pose parfois des problèmes inédits à la science ou à la technologie. Ce peut être dans l'irrégularité ou le déficit des modèles scientifiques que certains musiciens découvrent des perspectives artistiques fécondes. L'artiste fait souvent interférer deux échelles de grandeur ou de complexité pour produire des effets esthétiques ou des objets artistiques insolites.

Par rapport à la connaissance scientifique, la création artistique se pose dans sa singularité : elle résiste aux typologies, elle s'institue dans le pouvoir de faire éclater les codes ou les cadres représentatifs. La création se constitue en une sorte de transgression des structures représentatives sur lesquelles elle s'appuie.

II. L'émancipation de la recherche technologique

La recherche scientifique vise la connaissance des objets naturels. On peut considérer que la recherche technologique vise l'action : mais elle ne se réduit pas à l'application des découvertes scientifiques, elle ne doit pas être subordonnée aux sciences constituées. L'émancipation de la recherche technologique doit être approfondie et mise en relation avec l'innovation industrielle. Les stratégies de développement dépendent bien sûr des aspects économiques. La mise en place d'une politique industrielle en matière d'AST pourrait aboutir à l'élaboration d'une ingénierie des "immatériaux". (Ce terme souligne la prééminence croissante du savoir-faire, du logiciel, sur les outils, le matériel).

On notera que les PME, plus souples que les grandes entreprises, n'ont pas en général les moyens de faire de la recherche technologique ni de monter des dossiers pour obtenir des financements à cet effet : il serait souhaitable de les inciter à la recherche sur le développement des procédés. De petites innovations sont souvent décisives, et l'inertie dans leur exploitation peut empêcher d'en tirer profit.

Un exemple a contrario : en raison des stratégies et du désintérêt de son management, Xerox s'est fait souffler des innovations majeures : la souris et les fenêtres informatiques, conçues par Xerox Palo Alto Research Park (Xerox PARC), son unité de recherches avancées, ont été mis en œuvre quelques années plus tard par Apple sur le Macintosh, premier ordinateur personnel convivial.

III. L'ingénierie des immatériaux : dynamique des techniques et activités de conception

L'innovation est souvent conçue selon un système vertical descendant de la recherche fondamentale à la recherche appliquée pour aboutir au développement. Cette conception relègue au second plan le facteur proprement technique de l'innovation, qui repose pour une grande part sur le transfert de technologies. La dynamique des techniques en dépend. Les transferts économiques dépendent d'aspects économiques "rationnels", mais aussi d'autres critères : effets politiques, effets de prestige, paris économiques cherchant à intégrer des facteurs complexes.

Si les transferts de technologie vont de soi dans la dynamique de la recherche (cf. les différentes versions d'un logiciel), le phénomène qu'ils constituent n'a pas été pleinement spécifié et formalisé. (Cf. tome II, Stratégies scientifiques - Musique).

Il en va de même du rôle de la mémoire technique dans l'évolution technique. L'évolution s'accélère du fait du report formalisé des résultats aux principes (remontée aux logiciels). L'évolution ne se produit que si le report est réalisé de façon critique. D'où la nécessité de constituer un patrimoine des techniques. La normalisation joue un rôle très important dans l'évolution des techniques, et elle peut avoir des incidences économiques considérables.

Cela s'applique particulièrement dans le domaine AST où la recherche technologique joue un rôle décisif et où le savoir-faire, les logiciels comptent souvent plus que les outils techniques, les matériels. Les choix des normes ont souvent orienté les développements en favorisant telle option technologique par rapport à telle autre.

IV. Le rôle de l'État : pour la création d'un organisme gouvernemental de l'information technologique

L'avance technologique est conditionnée par les informations disponibles et par la capacité diagnostique. Les unités de production, surtout de petit volume, ne peuvent se tenir au courant de toutes les évolutions : elles tendent à se concentrer sur les secteurs technologiques qu'elles pensent pertinents pour leurs activités.

Aussi serait-il important qu'un organisme gouvernemental se consacre à recueillir, évaluer et diffuser l'information sur l'évolution technologique - à l'intention des chercheurs et surtout des entrepreneurs industriels, sans que cela implique l'intervention de l'État dans les choix opérés. Cette veille technologique doit aussi prendre en compte les besoins, demandes et marchés émergents - cela au niveau planétaire.

Pour favoriser la valorisation de la recherche, il faudrait aussi que les innovations et inventions aient plus d'incidence sur les carrières des chercheurs, qui dépendent actuellement surtout de leurs publications.

Il faut noter aussi que la législation française des brevets, qui empêche de breveter un procédé dès lors qu'il est publié, défavorise les prises de brevet - aux États-Unis, la publication permet de prendre date, et l'on dispose alors d'un an pour déposer une demande de brevet.

Parmi les freins à l'innovation technologique :

- Nombre de facteurs généraux : le système d'évaluation trop sectorisé, le système de recrutement, l'absence de débouchés, le blocage des carrières, le prélèvement de l'État sur le produit de la découverte, le dirigisme, les pesanteurs bureaucratiques, la gestion administrative, les dysfonctionnements et la médiocrité du système de valorisation de la recherche, l'incitation à la publication et non à la découverte, les faibles rémunérations et le manque de coordination - et aussi la difficulté à créer des entreprises. On notera que nombre de ces conclusions recourent les recommandations d'Henri Guillaume dans son rapport de mission de mars 1998 sur la technologie et l'innovation.
- Dans le domaine spécifique AST, le mépris dans lequel la production artistique et la recherche artistique sont institutionnellement tenues dans les milieux universitaires et de recherche. Ce thème récurrent est détaillé dans le tome II (Stratégies scientifiques, (Musique), Inerties, résistances et alibis). Les milieux artistiques ont quant à eux une vision plus claire des objectifs et de la validité de la création artistique. L'intervention du Ministère de la Culture est donc décisive pour les recherches AST : soucieux de maintenir un cap et une exigence proprement artistiques, il peut influencer des études scientifiques et techniques en s'assurant que les arts n'y sont pas que prétexte. Il faut donc définir une recherche artistique dans un cadre véritablement interministériel - établir des relais dans les universités, les grands établissements et dans le monde industriel avec la participation des instances de la culture, représentées à un niveau suffisant pour qu'elles puissent véritablement avoir une influence.

V. L'interactivité et son évolution technologique

Une bonne compréhension de l'interactivité et de son évolution technologique aiderait à rendre plus efficace la conception de produits multimédia.

Le multimédia est, au même titre que jadis le cinéma ou la télévision, une technique qui pour l'instant est considérée comme mineure, quoique riche des virtualités d'un marché potentiel. Le support multimédia introduit des techniques nouvelles qui conduiront, à terme, à des modes originaux d'expression.

Le multimédia se prête à de nouvelles formes d'art. L'attitude active de l'utilisateur d'une application multimédia dans sa navigation hypertexte se distingue de la réception passive des auditeurs d'un concert de musique aléatoire, où la notion d'ouverture n'est pas apparente. Des artistes pourraient créer des "œuvres-matrices" tirant part des possibilités propres du multimédia, et dans lesquelles "l'utilisateur" - spectateur/auditeur/interprète/improvisateur - pourrait naviguer suivant des itinéraires plus ou moins balisés et agencer diversement des éléments pré-composés.

Il semble clair que le domaine culturel n'a pas réussi encore à trouver ses formes et son public en termes de multimédia. Pourtant il semble que l'ensemble des techniques et des recherches actuelles pourrait donner lieu à des produits artistiques porteurs d'un contenu pouvant concerner un large public. Ici le rôle de la pédagogie paraît vital. Certains grands groupes s'investissent dans la pédagogie - au point qu'on peut peut-être même parler de conditionnement à leurs produits.

On connaît mal la façon dont l'interactivité peut aider à la pédagogie et développer l'imagination. Mais il est clair que les recherches AST concernant par exemple l'analyse, la synthèse et le traitement du son, ou bien le geste instrumental, devraient développer sur des

pédagogies musicales renouvelées : un effort considérable reste à faire dans ce domaine, et plus généralement dans les divers domaines AST.

VI. Pour une meilleure articulation de la recherche musicale, de la formation à la recherche et de la musicologie du XXème siècle

La structure actuelle de la recherche associe deux formations doctorales &endash; Musique et Musicologie du XXème siècle ; Acoustique, Traitement du signal, et Informatique Appliquée à la Musique &endash; à un laboratoire d'accueil CNRS &endash; l'unité mixte Recherche Musicale (UMR 9912). Cette structure, qui est sous-tendue par l'IRCAM et en dépend étroitement dans ses moyens et sa stratégie, doit être entièrement refondue.

Dans sa composante proprement musicologique, la formation doctorale " Musique et Musicologie du XXème siècle " pourrait trouver des relais progressifs par l'Université.

La recherche musicale, qui tend aujourd'hui à se restreindre au domaine des Sciences pour l'Ingénieur et de la musicologie, doit être rééquilibrée. Elle doit rompre les barrières des spécialisations et éviter le compartimentage des activités. Une articulation doit être trouvée entre la recherche musicale relevant du domaine des Sciences pour l'Ingénieur et la recherche musicale se rapportant au champ des Sciences Humaines. Le contenu de la recherche musicale en sciences humaines reste à définir et à promouvoir. Il doit être conçu pour des finalités productives et permettre de mieux apprécier la portée et les limites des formalismes de représentation. La recherche musicale devrait également se préoccuper davantage du travail théorique et des rapports de la recherche fondamentale à la théorie musicale. La théorie musicale doit être envisagée dans sa spécificité et ne saurait se limiter aux questions de recherche en modélisation. Les compositeurs devraient être plus étroitement associés aux activités de conception car une part importante des innovations scientifiques depuis 1945 sont redevables à des initiatives de musiciens. Il est indispensable que les enseignements dispensés incluent une dimension pratique et permettent aux étudiants en musique d'acquérir une maîtrise aussi bien pratique que théorique de leur discipline.

La formation doctorale " Recherche Musicale ", qui pourrait se substituer à l'actuelle formation doctorale " Musique et Musicologie du XXe siècle", devrait notamment comprendre, dans le domaine des sciences humaines, les formations suivantes :

- une formation pratique aux nouvelles technologies
- une formation à la pratique compositionnelle avec les nouveaux outils
- une formation pratique et théorique aux problèmes de la modélisation
- une formation pratique et théorique en musique et musicologie de la seconde moitié du XXème siècle.

Il est indispensable qu'un laboratoire d'accueil étoffé puisse prendre en charge, en Sciences Humaines, les activités de recherche et de formation à la recherche qui doivent encadrer le travail de la formation doctorale.

Le DEA ATIAM (Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique) devrait être maintenu et aménagé, en veillant à ce qu'il prenne suffisamment en compte les aspects pluridisciplinaires, subjectifs et musicaux : les critères scientifiques ne doivent pas se réduire à ceux des disciplines de "sciences dures".

Il conviendrait également d'éviter de scinder la recherche artistique en deux pôles image et son qui laisseraient en friche le domaine du multimédia. La question de la création d'une formation doctorale dans le domaine du multimédia se trouve ainsi posée. Il n'est pas certain que le regroupement des formations image et son dans une même école doctorale suffirait à éviter la scission des deux domaines.

b. stratégies scientifiques (Arts Visuels et Corporels)

Dans le domaine des Arts Visuels, aucune institution ne consacre actuellement de moyens substantiels à la recherche artistique : la France prend depuis dix ans un retard dangereux par rapport à ses voisins européens (Angleterre, Allemagne, Autriche) pour la recherche graphique en collaboration avec des artistes, malgré une activité de production substantielle dans le domaine du cinéma.

Les analyses qui suivent portent essentiellement sur la recherche en Arts Visuels. Elles sont complémentaires à celles du paragraphe précédent. Elles ne prétendent en aucun cas être suffisantes pour garantir un développement exhaustif de toutes les branches scientifiques liées aux Arts Visuels. Elles prétendent néanmoins être nécessaires.

Les recherches dans les rubriques artistiques que nous pourrions regrouper sous le terme générique "Arts Corporels" (danse, spectacle théâtral ou musical dansé, arts du cirque, arts de la marionnette, installations interactives...), sont encore moins avancées que celles en art musical ou en arts visuels, en France comme ailleurs dans le monde. Nous ne pourrions être que très sommaires. Que les acteurs passionnés et engagés de ces disciplines artistiques nous en excusent.

Les textes "Repérage des ressources en Arts Visuels", Repérages des ressources en analyse d'images" et "Stratégies scientifiques et thèmes d'étude dans le domaine des Arts visuels et Corporels", dans le tome II, détaillent les points que nous allons résumer ici sur ces deux rubriques "Arts Visuels" et "Arts Corporels".

I. deux mots-clés : transversalité artistique et transversalité scientifique

Deux changements profonds conduisent à ouvrir aujourd'hui les catégories artistiques traditionnellement cloisonnées et à faire émerger des formes artistiques nouvelles :

- le multimédia et plus généralement la prise en compte de la multisensorialité ;
- le développement de la télécommunication (i.e. de la communication médiatisée et distante).

On assiste dans le même temps à une mutation importante des pratiques scientifiques : la notion d'"expérimentation virtuelle", avec à titre d'exemples, la naissance de la "physique computationnelle" ou, de manière moins spécialisée, des "réalités virtuelles" ou de la "simulation interactive". Cela fait apparaître une zone commune aux activités d'analyse d'une part et de réalisation-prototypage d'autre part, entre lesquelles les frontières se dissolvent par le biais de techniques de simulation et de prototypage virtuel. Autrement dit, cela induit un

rapprochement entre analyse et synthèse ainsi qu'entre monde réel et représentations virtuelles.

On assiste enfin à une mutation au sein des sciences formelles comme les mathématiques et les sciences du langage par le biais de l'informatique formelle et le génie logiciel. Cela amène l'interactivité, ou l'intervention de l'homme, au sein même de l'aspect formel du raisonnement. Aujourd'hui "l'ordinateur sensoriel" s'impose avec une vélocité déconcertante : les gestes, les sons et les images communiennent avec les nombres, les actes humains sensoriels avec le langage et les actes formels.

Les deux mots - clés sont donc :

transversalité artistique

transversalité scientifique

Transversalité artistique

Elle présente plusieurs aspects :

1. Tout d'abord, la transversalité dans les arts visuels eux mêmes (arts plastiques, arts interactifs, arts cinétiques, jeux...). Les catégories constituées au fil des innovations technologiques (la peinture avec la maîtrise des pigments et liants, la photographie avec la maîtrise de la lumière, de l'optique et des supports photographiques, le mouvement avec la mécanique et ses automates, le cinéma par une combinaison d'une optique et d'un automate mécanique) se dissolvent avec l'analyse et synthèse numérique et l'apparition de "l'ordinateur sensoriel", doté de capteurs, d'actionneurs, de transducteurs de visualisation, et bien sûr de programmes.

2. Ensuite, la transversalité entre les catégories artistiques constituées (image et danse, image et musique, corps-image-musique, image et théâtre...).

Si cette transversalité n'est pas à proprement parler nouvelle (cf. l'opéra, le cinéma, les poèmes graphiques...), elle fait l'objet de changements quantitatifs et qualitatifs sous l'impulsion des mutations technologiques. De nombreuses expériences artistiques mêlent aujourd'hui prestations théâtrales, chant et installations orchestrales ou sonores en direct, images et/ou sons de synthèses, contrôlés ou non en direct par instrumentistes, chanteurs ou acteurs. Il en est de même des installations interactives qui bouleversent les catégories intérieures au domaine des Arts Plastiques : déambulateurs, installations immergées du type "Cave", espaces organiques modifiables... Plus banalement, dans les jeux électroniques, des clones parlent, bougent, dansent dans des univers virtuels visibles, tactiles et audibles, et manipulent objets virtuels et bases d'informations.

Transversalité scientifique

Citons simplement pour les thématiques qui nous intéressent ici autour des objets d'arts visuels, des images et des gestes :

- relation analyse et synthèse ;
- articulation modélisation et simulation ;
- liens entre les sciences formelles de la catégorisation et du langage (mathématique et informatique fondamentale) avec les sciences de l'artificiel (génie logiciel, génie mécanique, génie électrique, analyse et synthèse des signaux, génie automatique...)
- liens entre les sciences expérimentales (physique mais aussi psychologie expérimentale et sociologie) et les sciences de l'artefact (génération de sons, d'images, de signaux gestuels).

Transversalité art-technologie

Nous avons pu remarquer dans le repérage des ressources en arts visuels :

- que l'influence des initiatives artistiques sur les produits technologiques a été loin d'être négligeable (courbes de Bézier en CAO, algorithme de Gouraud en infographie, logiciel de synthèse d'images Softimage et Explore)
- qu'une vision timorée à l'égard des machines informatiques tendait à accréditer l'idée de l'impossibilité de "comprendre" et donc de "proposer".

Ces croyances sont aujourd'hui prêtes à être dépassées. Il n'est pas utopique d'exiger et de stimuler la prise en compte des besoins culturels sur les développements technologiques (nouveaux outils). Déjà les futurs artistes des écoles d'art commencent à formuler des visions critiques à l'égard des outils "clés en main" qu'ils manipulent. On peut par ailleurs noter simultanément, l'évolution vers une plus grande souplesse de conception des nouveaux outils (techniques des "plugs-in", agglomération de petits morceaux de logiciels...). Il n'est donc plus utopique de stimuler la créativité technologique et industrielle en matière de nouveaux outils de production artistique.

Transversalité Art-Science-Technologie

Pour peu que l'on sache négocier le rapprochement entre recherche scientifique et recherche artistique, l'importance des mutations technologiques citées ci-dessus et les mutations économiques et de comportements qui les accompagnent pourraient ouvrir la porte à une nouvelle Renaissance.

Un secteur en émergence, porteur de toutes les transversalités : le geste artistique

Sans vouloir limiter les domaines des arts visuels et des arts corporels, ni les activités qui doivent y être déployées (et qui sont plus largement décrites dans les différents textes du tome II), nous voulons attirer l'attention sur un point singulier, porteur sans doute de bien des bifurcations artistiques, scientifiques et technologiques. C'est ce point singulier qui nous incite à regrouper sous un même paragraphe les arts visuels et les arts corporels.

Il s'agit de l'introduction du geste et du corps dans les nouvelles technologies de l'informatique, du numérique et des réseaux.

- **Du point de vue des tendances artistiques**, l'ère du "tout conceptuel" semble révolu. Un regain du "corporel", de l'instrumental, se fait jour avec un propos clair vers une réhabilitation du geste artistique (musical, théâtral, dansé, graphique, dynamique...) et du mouvement corporel. Derrière cette réhabilitation du corps apparaît la recherche d'une nouvelle matérialité, compatible avec les nouvelles technologies. Le geste et le corps sont un axe porteur de la transdisciplinarité artistique et de la nouvelle importance prise par les arts du corps et du mouvement corporel (danse, animation instrumentale...)

- **Les recherches en télécommunications** ouvrent la voie, non seulement au multimédia conventionnel (images, graphiques, icônes, sons, voix...), mais à l'apparition d'un nouveau support de communication : les informations corporelles, tactiles, gestuelles... Celles-ci posent des problèmes nouveaux : d'une part le haut degré de réactivité des systèmes de communication, d'autre part la flexibilité de leur configuration, à la différence de l'audition et de la vision. En effet, les structures motrices de notre corps ont ceci de particulier qu'elles sont multidimensionnelles et reconfigurables en fonction de la tâche manuelle et corporelle à effectuer. Le geste et la communication corporelle sont donc des nouveaux facteurs structurants des technologies de la télécommunication.

- **En imagerie numérique**, l'introduction de l'instrumentalité dans les arts de l'image (au sens musical qui est de disposer d'un instrument pour jouer de la musique) est une révolution bien plus grande que l'introduction de la 3D (les trois dimensions spatiales), car elle change la structure des outils et la nature des connaissances. En effet, le geste met en avant le traitement réactif haut débit des informations. Les jeux d'arcade ont anticipé cette transformation. Le traitement du geste nécessite de nouvelles connaissances sur la modalité haptique sensori-motrice, bien moins développées à ce jour que les connaissances en perceptions tridimensionnelles. Le geste a été le facteur déclenchant du domaine des réalités virtuelles et de l'animation instrumentale.

- **En matière de nouvelles connaissances scientifiques**, la prise en compte du geste comme modalité sensori-motrice bouleverse les catégories psychophysiques tels que les "auditifs" ou les "visuels". De plus, elle ouvre la voie aux diverses études intersensorielles entre actions et perceptions. Elle ouvre également la voie à des études sur les dynamiques corporelles et la quantification objective de ce canal de communication - vers une théorie des signaux gestuels.

- **Du point de vue technologique**, le traitement du geste nécessite le développement de dispositifs d'interaction nouveaux intégrant des capteurs et des moteurs, appelés dispositifs à retour d'effort, qui permettent de sentir tactilement des objets virtuels et peut-être de retransmettre à distance des données tactiles et corporelles. De nombreux danseurs et chorégraphes s'intéressent à cette possibilité: ce qu'ils désirent transmettre au spectateur sont des constructions à partir du corps en mouvement.

En conclusion, de la même façon que le multisensoriel est l'après-multimédia, l'instrumentalité permise par l'usage du geste et du corps dans la communication est l'au delà de l'interactivité.

II. Six points pour le développement scientifique et technologique des arts visuels et corporels

Ayant défini de grands axes stratégiques à partir de diverses formes de transversalité en arts et en science, nous indiquons maintenant six directions nécessaires au développement de la recherche dans le domaine des arts visuels et corporels :

1. Dépasser **l'idéologie du transfert** entre la technologie scientifique et l'activité et la production artistiques considérées comme de simples applications :
 - développer de nouveaux modèles d'analyse des objets d'arts, et de leurs images ;
 - développer de nouveaux modèles et de nouveaux procédés de synthèse et de simulation des attributs visuels (formes, couleurs, mouvements...) ;
 - développer de nouveaux logiciels d'analyse et de synthèse en imagerie 3D et interactive.

2. Développer **la transversalité en arts visuels aussi bien qu'entre les arts eux-mêmes** :
 - arts plastiques, arts interactifs, cinéma, jeux...
 - image et danse, image et musique, corps-image-musique, image et théâtre...

3. Développer les technologies de **l'interactivité** :
 - introduction de l'instrumentalité dans les arts visuels numériques, notion de "performance" en arts visuels... ;
 - introduction des arts corporels et instrumentaux au sein même de la problématique de l'interactivité et de la réactivité des systèmes de création, de production et de télécommunications ;
 - prise en compte de l'intercommunication : travail coopératif à distance, notion d'œuvre collective, productions-diffusions délocalisées (sculptures, peintures spectacles vivants multi-sites...).

4. Pousser le plus loin possible l'intervention sensible de l'artiste par **l'augmentation de la "sensorialité"** des outils de conception et de production en développant les interactions sensorielles et la transmission d'informations sentées et sensibles :
 - études objectives autour du geste instrumental et communicationnel, étude des fonctionnalités des gestes instrumentaux et communicationnels, étude de nouveaux dispositifs d'interaction gestuelle et corporelle, locale et distante ;
 - études objectives et fonctionnelles des inter et trans-sensorialités ;
 - transformations en conséquence des technologies de production et communications.

5. Dépasser la fracture entre le niveau des constituants visuels d'une image et la macrostructure d'une œuvre, **entre matériau et composition** :
 - couleurs, lumières, mouvements locaux ;
 - compositions, allures, scénarios... ;
 - liens entre les outils (logiciel)s de production et les outils (logiciels) d'écriture.

6. Développer la connaissance des processus et faits artistiques :
 - **Vers une psychophysique et une psychocognition artistique**

IV. Le rôle de l'état pour le développement de la recherche dans les arts visuels et corporels

Dans les textes "Repérages des ressources" (tome II), nous brosons un tableau diachronique des actions des divers partenaires pour la recherche en arts visuels et en arts corporels. Le résumé qui suit a pour fonction de faire émerger quelques recommandations en matière de politique scientifique.

1. En matière de cinéma et d'audiovisuel :

Le CNC-Nouvelles Technologies a mené une politique dynamique d'aide aux nouvelles images et procédés de production dans les domaines de l'audiovisuel et de la création cinématographique, politique qui fait suite au Plan Recherche-Image et qui se prolonge actuellement en liaison avec les programmes Européens MEDIA et Cartoon. Cette politique a eu comme effet de lancer un véritable secteur de production d'images nouvelles, qui trouve progressivement ses assises et une certaine compétitivité. En matière d'enseignements spécialisés dans ce domaine, la tendance a été à l'utilisation de procédés (matériels et logiciels) disponibles sur le marché.

Tout en reconnaissant les résultats très satisfaisants de ces orientations, il faut noter que l'activité de recherche d'une part et l'orientation "artistique" d'autre part en ont pâti et restent en fait les parents pauvres. Cela affaiblit la robustesse de l'offre productive française par fragilisation de la capacité d'innovation et d'évolution dans ce secteur fortement concurrentiel, à forte technicité et à évolution très rapide.

Il conviendrait alors de faire reconnaître ses débouchés auprès des jeunes ingénieurs, jeunes doctorants ou diplômés de DESS en informatique graphique, et de favoriser leur embauche sur les sites de production (par exemple grâce à des bourses Cifre).

2. En matière d'arts plastiques :

Un effort important a été effectué en direction des grands organismes de formation d'état (écoles nationales ou écoles régionales agréées). La diffusion des nouvelles technologies sur les écoles et formations artistiques universitaires, les lycées techniques, les écoles d'art municipales n'en est qu'à ses balbutiements, la difficulté d'y voir clair dans les choix artistiques, techniques et financiers freinant les velléités certaines.

Dans tous les cas, l'absence de la proximité d'une activité de recherche ou de liens avec la recherche "en action" (selon le terme du sociologue Bruno Latour) est un handicap certain pour l'émergence de réflexions et de pratiques originales, attitudes courantes et émancipatrices fortes dans ce type de milieu.

Il convient alors de pouvoir doter ces organismes de compétences techniques et scientifiques et de personnel d'encadrement de haut niveau (de type enseignant-chercheur) pour faire face à la demande variable et multiforme des jeunes artistes en formation et à l'évolution des équipements et possibilités techniques.

3. En matière de soutien aux projets artistiques

Un autre effort important dans le domaine des arts plastiques a été le soutien aux projets artistiques. Mais la part de la recherche y est faible, en raison de la nature de ces aides et aussi de la difficulté pour les artistes d'établir d'eux mêmes et sur un projet le lien avec une recherche scientifique.

4. En matière de recherche dans les laboratoires universitaires et d'enseignement dans les universités scientifiques:

L'informatique graphique est en expansion. Cependant l'activité et la production artistique n'y a aucune place. Cette absence de liens fragilise le domaine des arts visuels. La production scientifique et technique est limitée en terme d'utilisation de ses innovations. La production artistique et culturelle est contenue dans une idéologie consumériste sans ascendant sur l'évolution culturelle. Les créativités industrielles, scientifiques et artistiques ne bénéficient pas des besoins, analyses et idées de chacun des domaines Arts et Sciences.

Il conviendrait de permettre aux laboratoires de recherche scientifique d'accueillir des projets artistiques de haut niveau.

5. En matière d'analyse d'images ou d'objets artistiques ainsi que de conservation, diffusion, protection, des œuvres d'arts et/ou de leurs images :

Des actions importantes sont menées par des grands services ou organismes d'État (Laboratoire de Recherche des Musées de France, ENST...). Cependant le poids est majoritairement donné aux activités de service (restauration...) et les activités de recherche autour des produits artistiques y ont peu de place.

6. En matière de segmentation des domaines traitant des arts visuels :

L'image numérique et l'interactivité font disparaître les frontières entre images pour le cinéma, images pour l'audiovisuel, images pour les arts plastiques, images pour la science (cf. les installations interactives animées, le multimédia, les jeux, la production collective et coopérative à distance...). Les institutions d'état ayant vocation à soutenir la recherche en imagerie sont orientées suivant des axes qui ne correspondent pas à cette évolution : le C.N.C. œuvre dans le domaine de l'audiovisuel et du cinéma et développe la production; la Délégation aux Arts Plastiques œuvre dans le domaine des arts plastiques et développe les projets d'artistes; les laboratoires universitaires développent la recherche non-artistique. Nulle part, la recherche pour l'art n'a une place reconnue.

Il conviendrait de regrouper au sein d'un institut "Arts Visuels et Corporels" les traits communs à ces différentes initiatives.

7. Dans la carte des formations

A côté des formations spécialisées (écoles d'arts et de cinéma, lycées professionnels) qui enseignent aux artistes des techniques appliquées, et hormis la formation doctorale ATI (Arts et Technologie de l'Image de Paris 8), il n'existe, ni en arts visuels ni en arts corporels, de formation de haut niveau, forte et clairement identifiée, alliant deux au moins des trois termes Art-Science-Technologie.

Tout en confortant les formations existantes, et en leur permettant de trouver leur créneau programmatique, il serait souhaitable de consolider le dispositif par la création au niveau national d'une formation ou d'un ensemble de formations diplômantes à rayonnement national, de niveau post-maîtrise, impliquant une double compétence et stimulantes pour les jeunes artistes ou les jeunes scientifiques créateurs. Ces formations devraient naturellement intégrer les propos ci-dessus en matière de transdisciplinarités artistiques et scientifiques "geste-son-image", "sciences du numérique, de la synthèse et de la télécommunication".

C - Enjeux économiques

Introduction

Les enjeux économiques de la recherche artistique sont considérables. Les arts alimentent des industries culturelles au marché potentiel très important. Les applications de la recherche en art concernent l'activité artistique professionnelle mais aussi les loisirs.

Ainsi le marché de la musique de synthèse est très supérieur à celui de la parole de synthèse, qui a pourtant fait l'objet de financements publics considérables : on en a eu la démonstration à l'émergence dans les années 80 d'une importante industrie de la lutherie numérique - issue non pas du seul développement technologique, mais de recherches en informatique musicale réalisées dans des organismes universitaires ou de recherche publique et impulsées de façon décisive par des musiciens soucieux d'étendre le vocabulaire sonore de la création musicale contemporaine.

Il faut souligner aussi les retombées commerciales de la synthèse et du traitement numérique des images : la production française n'arrive pas à répondre à la demande en accroissement constant d'images animées à vocation culturelle ou éducative.

Les questions de propriété intellectuelle et artistique face à la dérégulation de l'économie de marché, à l'ouverture des frontières, à la disponibilité des réseaux, posent des problèmes nouveaux. Peut-on préserver l'identité culturelle et la propriété intellectuelle et artistique, qui courent de grands risques, et éviter les piratages abusifs, les plagiats, les appropriations indues ? Des techniques sécurisées respectant les droits des auteurs et des titulaires des droits voisins sur les réseaux sont en cours d'étude pour assurer l'usage de produits artistiques en ligne. Là encore l'enjeu économique est important, au même titre que la lutte contre la contrefaçon des produits de luxe.

Au delà du rôle économique potentiel des innovations AST, il convient de prendre conscience du poids économique des activités culturelles et du rôle qu'y ont joué les technologies: cela

suggère de mettre en œuvre pour le domaine AST une stratégie de veille économique. Ce chapitre donne des éléments précis à ce sujet, éléments qui se trouvent développés et étayés dans le tome II, "Enjeux économiques".

I. L'impact des technologies sur les consommations culturelles

- Les technologies instaurent et développent exponentiellement la diffusion massive des produits culturels. Les supports techniques sont vecteurs de diffusion massive car fondés sur la rationalisation et la standardisation. Les loisirs industriels constituent, dans un contexte de temps de non-travail croissant, une concurrence redoutable pour les vecteurs traditionnels de la culture savante. Le " pattern " de divertissement (parcs de loisirs, de Disneyland à Aqualand ; sports et activités dites de convivialité) s'inscrit, contrairement à la majorité des vecteurs de la culture savante, dans la logique de l'économie marchande.
- L'objectif des stratégies de démocratisation culturelle est de mettre à la disposition du plus grand nombre les œuvres majeures de l'esprit, en diffusant, au delà du petit cercle de connaisseurs, la haute-culture. Dépassant 90 milliards de francs en 1993, les dépenses culturelles de l'ensemble des collectivités publiques françaises financent une offre très considérable de biens et de services culturels. Les enquêtes sur longue période révèlent néanmoins la baisse ou la stagnation des pratiques de la culture savante et, donc, la pérennité des déterminismes fondamentaux que la stratégie de démocratisation culturelle se proposait d'éradiquer.
- Au-delà des difficultés du système scolaire à initier à la culture savante, des interrogations sur la capacité de nature de la télévision à y suppléer, **l'impact décisif, fondamental, est celui des technologies. Elles "fabriquent" des pratiques culturelles et des loisirs dont le champ et les usagers échappent à l'action volontariste des pouvoirs publics.** La tendance à la hausse des prix réels à la consommation des vecteurs de la culture savante et à la baisse des prix des produits des industries culturelles qui présentent, en outre, l'avantage de s'adapter aux conditions de vie concrètes de la majeure partie des individus, confirment cette influence décisive des technologies.

II. L'exemple de la musique

- **Les conquêtes des technologies de reproduction de la musique ont radicalement transformé la perception individuelle et collective des phénomènes musicaux.** Ces conquêtes ont permis des progrès incontestables. La musique est désormais accessible à tous les individus susceptibles d'acquérir les supports matériels les dispensant de la maîtrise des codes de la partition. Les supports de reproduction ont témoigné de progrès constants puis exponentiels dans leur fidélité, leur durée d'écoute, leur facilité de conservation, de manipulation et de transport. L'ensemble des matériels et supports musicaux s'est adapté aux styles de vie et de travail de la majorité des consommateurs potentiels des pays développés. Toutes ces conquêtes technologiques ont transformé les dimensions mêmes du marché de la musique et mis en évidence la différence de nature entre le nombre potentiel limité des spectateurs de musiques représentées et le nombre virtuellement illimité des auditeurs de musiques reproduites.

- Les conquêtes technologiques ont transformé la musique d'activité artisanale en une industrie produisant des biens manufacturés en série, c'est-à-dire uniformisés et standardisés, pour en faire baisser les coûts marginaux. Devenue produit stockable et reproductible à l'infini, présentée comme produit "parfait", "éternel", et favorisant l'exigence d'autonomie du consommateur moderne, la musique, phénomène industriel, est condamnée à une rotation rapide des produits pour amortir d'importants investissements, et, par là même, à la concentration de l'offre dans toutes ses activités.
- Les technologies, longtemps pensées comme simples outils passifs, imposent leur logique propre en structurant les phénomènes musicaux. Le paradigme technologique triomphe : la technologie détermine les conditions de création et de consommation esthétiques du phénomène musical ; la technologie détermine les conditions économiques du phénomène musical.

III. La synergie économie et culture

- La science économique permet de cerner les caractères de la consommation culturelle en soulignant le risque pesant sur le consommateur puisque nombre de biens culturels ne peuvent être testés avant achat ou consommation. Elle permet de cerner les spécificités des industries culturelles par rapport aux autres industries, et notamment les conditions particulières de formation du profit qui les caractérisent. Elle permet de comparer les effets respectifs des politiques publiques de dépense budgétaire et de dépense fiscale. Elle permet une classification des biens et services culturels en retenant leur lieu de consommation, leur fonction (création ; diffusion ; formation ; administration), leur nature marchande ou non marchande.
- Les retombées économiques positives incontestables des activités culturelles (création et préservation d'emplois publics et privés ; apports à l'équilibre de la balance des paiements ; produits d'appel pour le changement d'image d'une collectivité publique) permettent d'analyser les aides publiques à la culture comme un investissement. L'avis du Conseil Économique et Social : « l'impact et l'apport des événements culturels dans le développement local et régional » souligne avec raison que la « richesse d'un grand pays ou d'une petite ville ne se mesure pas, ne se mesure plus, par la seule évaluation de l'industrie, de l'agriculture, des commerces et des services. L'impondérable culture, la conquérante action culturelle ont ouvert, créé, développé une nouvelle et considérable part de marché ».
- Le marché mondial des phonogrammes illustre parfaitement l'importance et la profondeur de la mutation qui s'opère au profit des industries de l'imaginaire. Ainsi le groupe canadien "Seagram" (72 milliards de francs de chiffre d'affaires) a-t-il financé l'achat de "Polygram", premier éditeur de musique européen (33 milliards de francs de chiffre d'affaires) par la vente d'une partie importante de ses métiers de base traditionnels (vins, spiritueux, jus de fruits).
- L'impact économique des biens et services culturels se traduit dans les grandes masses d'une dépense culturelle nationale proche de 300 milliards de francs, répartie entre
 - les dépenses publiques : 93 milliards de francs ;
 - les dépenses des ménages : 186,5 milliards de francs.

IV. Pour une stratégie de veille économique

- Il convient de souligner que tout produit - qu'il relève de la consommation courante, triviale, ou au contraire de la consommation symbolique « noble » - exprime l'imaginaire des individus, conditionnés ou non par la publicité.
- Il convient de souligner que la diffusion dominante d'un mode de vie est globale et renforce la pénétration et la domination de tous les types de produits traduisant ce mode de vie, comme l'ont montré :
 - le cinéma américain en Europe après 1945 ;
 - l'importance du « look » dans la diffusion de la World Music et le succès de ses stars, vecteurs et « enseignes » de modes vestimentaires ;
 - l'impact de la musique américaine dans la pénétration économique des produits américains de la consommation courante (Mac Donald, Coca-Cola) dans les pays d'Europe centrale après 1991.
- C'est pourquoi toute politique volontariste de la collectivité nationale sur les marchés de l'imaginaire, les marchés de l'immatériel qui définit le plus petit dénominateur commun des diverses industries culturelles, impose d'étendre à ce secteur **les principes de la veille économique**.

Il est proposé d'instaurer, de développer, d'organiser et de pérenniser une « veille économique » dans le champ « Arts, Sciences et Technologies », avec la mise en place d'une structure publique collectant ces données afin de les mettre à disposition de l'ensemble des entreprises concernées par :

- l'émergence de nouveaux besoins naissant des modifications des attitudes et modes de vie ;
 - le développement et l'industrialisation des produits nouveaux répondant à ces nouveaux besoins.
- Cette « veille » doit naturellement s'étendre au domaine complexe de la propriété intellectuelle et artistique (Accords du GATT, de l'Organisation Mondiale du Commerce, perspectives de l'Accord Multi-investissement et du New Transatlantic Market) dont les aspects les plus urgents semblent être le conflit entre le principe du droit d'auteur et le principe du copyright, ainsi que la dématérialisation des circuits physiques de distribution, questions qui pourraient appeler une poursuite des travaux du présent Comité, en concertation avec les sociétés collectives de perception des droits en Europe.
 - Cette veille économique doit également porter sur la concurrence dans les domaines des industries culturelles :
 - Concurrence proche dans le cadre de l'Europe des Quinze, en distinguant les discours et les politiques culturelles publiques de la réalité des stratégies et des alliances industrielles de nos partenaires, et en analysant avec rigueur leurs industries culturelles sous l'angle de la diffusion de l'innovation technologique et de ses effets sur la conquête des marchés ;
 - Concurrence non européenne (USA; Japon, Chine, NPI) en distinguant l'irénisme des règles du Fair Trade des pratiques professionnelles concrètes.

Il faut étendre à l'immatériel, aux "marchés de l'imaginaire", les principes de la veille économique concernant :

- - les domaines sensibles de recherche
- - l'émergence de nouveaux besoins naissant des modifications des attitudes, modes de vie, cultures au sens large
- - la normalisation, le développement et l'industrialisation des produits nouveaux répondant à ces nouveaux besoins.

A titre d'exemple, l'importance économique et sociale des jeux numériques, qui se fondent sur le multimédia et l'introduction systématique de la réactivité des systèmes. Les possibilités d'interactivité et de délocalisation pourraient changer radicalement la nature des pratiques et des produits pédagogiques et artistiques. Il faut ici analyser les discours et les pratiques de la concurrence - européenne et au delà (USA, Japon,...) en ce qui concerne les pratiques et les industries culturelles, la diffusion de l'innovation technologique dans ce domaine et ses effets sur la conquête des marchés.

S'il faut protéger la création, il est illusoire de protéger artificiellement des marchés. Les industries culturelles doivent arriver à être concurrentielles.

D - Problèmes spécifiques

L'explicitation des **problèmes spécifiques** met en relief plusieurs freins au développement des recherches AST : multiplicité des tutelles ; absence de reconnaissance scientifique d'un domaine recoupant plusieurs champs, alors que la recherche française est sectorisée et cloisonnée à l'excès ; tendance dans les Universités et au CNRS à privilégier les grosses unités, alors que l'innovation fleurit souvent dans les très petites équipes (ce fut le cas pour la création d'entreprises comme Intel et Apple) : les équipes pointues d'effectif réduit et aux capacités pluridisciplinaires spécifiques tendent à être diluées, marginalisées et banalisées dans des équipes plus importantes, qui seules retiennent l'attention des directeurs d'établissement ; problèmes de valorisation liés à la difficulté de créer des entreprises, mais aussi à des politiques inappropriées concernant licences ou brevets.

Problèmes spécifiques en 10 points

Point 1. Un "existant" à sauver

En France, c'est à la fin des années 60 que le domaine de la recherche en Art-Science-Technologie a commencé à prendre son essor dans les milieux de l'éducation et de la culture. Parmi les événements marquants : 1) la création - sans moyens adéquats, mais le ver était dans le fruit - de départements d'arts et de musique dans les universités françaises ; 2) dans la lancée de cette création, le démarrage simultané de la synthèse d'images dans divers laboratoires universitaires d'informatique et de son usage en art avec notamment le Groupe Art et Informatique de Vincennes, d'où est issu le Groupe Arts et Technologies de l'Image à Paris 8 ; 3) le retour de Jean-Claude Risset en France et la diffusion large du programme Music V, premier programme de synthèse de sons modulaire et paramétrable ; 4) la création

de l'IRCAM et la création ou la reconnaissance de six centres de recherche musicale en France (ACROE, CEMAMu, CERM, CIRM, GMEB, GMEM).

-> Le domaine AST bénéficie donc d'un enracinement en France de plus de vingt ans.

Cependant le seul centre ayant bénéficié par décret d'une pérennité institutionnelle et d'une pérennité de moyens est l'IRCAM. Pourtant d'autres groupes ont eu plus directement affaire avec une confrontation de terrain, tant vis-à-vis de la recherche et la formation dans les universités que de l'interdisciplinarité (SHS-SPI par exemple).

Nous pensons notamment à la formation ATI (Arts et Technologies de l'Image) au sein de Paris 8, à l'ACROE, au groupe d'informatique musicale de Marseille (Luminy puis LMA). L'action d'Hugues Dufourt (création de l'Unité Mixte de Recherche 9912 "Recherche musicale" et du DEA de Musique et Musicologie du XXe siècle en relation avec l'IRCAM), qui fut le fer de lance d'une politique concertée de 1986 à 1992, est aujourd'hui menacée : l'UMR 9912 et le DEA doivent être redéfinis pour mieux s'articuler à la recherche musicale. Le DEA ATIAM (Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique) a un problème chronique pour équilibrer son budget en dépit du soutien du Ministère de la Culture, et sa vocation AST est menacée par la pression des critères de "sciences dures". Le chapitre "repérages des ressources" propose une liste plus exhaustive et une analyse plus circonstanciée.

La solidité des cadres, leur persévérance, leur implantation sur le terrain, et la richesse de leurs acquis en terme de concepts, de techniques et d'innovations font de ces groupes des points d'ancrage d'une grande force, nécessaires à tout développement à venir. Mais les acteurs s'épuisent à faire survivre des activités et à assurer des fonctionnements à contre courant.

Point 2. La dispersion des forces vives de la troisième génération : De la première montée en puissance au trou de génération et à la fuite de cerveaux

L'émergence du domaine de 1975 à 1992 a naturellement été suivie d'un effet de diffusion, avec l'augmentation du nombre de personnes formées impliquées ou désirant s'impliquer dans ce nouveau secteur et qu'il a été impossible de fixer. Jean-Claude Risset, l'IRCAM, l'ACROE, ATI et d'autres ont probablement suscité un nombre assez important de vocations et de personnes formées, qu'il est bien entendu difficile de chiffrer. Celles-ci se sont tournées par nécessité vers des secteurs plus conventionnels (informatique, art, entreprises du son et de l'image...) : mais elles forment une sorte de **diaspora** sur laquelle il serait important de s'appuyer.

Ceci est d'autant plus important que l'absence de cette génération provoque une situation de rupture présentant les dangers d'une nouvelle forme de noviciat dans les générations actuelles très attirées par les incidences culturelles, médiatiques et artistiques des nouvelles technologies, noviciat favorisé par leur habileté et leur versatilité.

Il faut noter actuellement une préoccupante "fuite de cerveaux" français dans le domaine de l'informatique musicale: au Canada : Marc-Pierre Verge, Philippe Derogis, Christophe Ramstein qui ont créé une entreprise dans des conditions extrêmement favorables (le dernier

nommé valorise industriellement des innovations de l'ACROE qui n'ont pu être valorisées en France); aux États-Unis: Jean Laroche et Jean-Marc Jot chez Emu.

Point 3. Tendances aux grandes unités - Ralentissement de la mutation portée par le domaine AST

L'innovation fleurit généralement dans les très petites équipes (Cf. Intel, Apple). Or la tendance française aux Universités et au CNRS est vers les grosses unités. Les petites équipes pointues aux capacités pluridisciplinaires spécifiques tendent à être diluées, noyées, marginalisées et banalisées dans des équipes plus importantes. Les grandes unités tendent à monopoliser l'attention des directeurs d'établissement pour les négociations de contractualisation en vue de la réalisation d'UMR et d'URA avec le CNRS. La dilution des thématiques AST dans de grandes unités ayant d'autres dynamiques diminue aussi la visibilité de ces thématiques (Cas de l'ACROE au sein de l'UJF ou de l'INPG avec le CLIPS ; cas de l'Equipe Informatique Musicale au LMA à Marseille : voir la présentation du Laboratoire sur le site Internet <http://alphalma.cnrs-mrs.fr/>).

La lourdeur des unités favorise un certain conformisme et une grande inertie : elle pénalise lourdement l'innovation, qui disparaît en tant que telle si elle est exploitée trop tard.

Il en va de même dans l'industrie : l'inertie et les tendances stratégiques des grandes compagnies les pénalisent dans l'application de résultats nouveaux - les "start-up" ou les "spin-off" de petit volume sont mieux adaptées. Bien sûr les possibilités d'aide aux entreprises, et les passerelles entre universités, recherche publique et domaine privé (étudiées dans le rapport Guillaume de mars 1998 sur la technologie et l'innovation) sont décisives pour favoriser les transferts. Mais la lourdeur des mécanismes administratifs français joue souvent un rôle asphyxiant.

Point 4. Le partage institutionnel et l'absence ou l'insuffisance d'accords-cadres

Il faut déplorer le refus fréquent des institutions à collaborer entre elles. Les institutions différentes rechignent à s'engager dans une logique commune, les institutions concurrentielles à dépasser leur rivalité féodale. Il arrive souvent qu'un projet partagé entre deux universités soit moins bien soutenu que s'il est le monopole d'une seule université (cf. le point 5 ci-dessous). Dans le cas du domaine AST, le partage institutionnel entre les Ministères de l'Éducation Nationale et de la Culture a renforcé les cloisonnements que la démarche transdisciplinaire s'efforçait d'éviter. Ainsi la recherche musicale est soutenue à l'IRCAM par le Ministère de la Culture sans être reconnue par le Département SPI du CNRS ; la musicologie est quant à elle reconnue par l'Université et le CNRS, mais moyennant des diplômes universitaires qui ne prennent pas en compte l'activité proprement artistique : cela accentue de façon regrettable la coupure entre création et savoir.

Peu après la création de l'IRCAM, au sein du Centre Georges Pompidou, le ministre de l'industrie et de la recherche, M. Michel d'Ornano, crée par décret du 11 mai 1976 un Conseil de la Recherche au secrétariat d'état à la culture dirigé par Michel Guy. Ce conseil est chargé d'évaluer et de coordonner les recherches relevant de la culture en liaison avec la Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technique. Une partie importante des recherches

pour l'art ont donc par la suite été pilotées par ce Ministère à l'aide de fonds du BCRD fléchés pour cet usage. Des postes d'ingénieurs de recherche ont également été créés.

Le Ministère de la Culture et de la Communication ne possède cependant pas de structures publiques propres susceptibles d'héberger ces recherches, mises à part celles qui s'effectuent directement dans ses services - au LRMF ou au LRMH par exemple, dont l'expérience de l'association avec le CNRS via des UMR comprenant pour moitié des personnels de formation scientifique « dure » (chimistes, physiciens nucléaires, informaticiens, photographes, physico-chimistes, opticiens, etc.) et des personnels provenant des secteurs des sciences de l'homme et de la société (historiens de l'art, conservateurs, bibliothécaires, archéologues, etc.) semble très positive, sans pourtant aller jusqu'à inclure des artistes vivants. Ces recherches s'effectuent donc plus ou moins directement dans d'autres structures publiques, par exemple des laboratoires universitaires ou des laboratoires CNRS, parfois via des associations 1901. Elles se doivent alors de tenir compte des demandes et des orientations des institutions d'accueil et sont parfois évaluées par elles. Ceci est une situation de fait qui s'est installée sans cadre institutionnel ni structure d'évaluation arrêtés ni conventionnés.

Les moyens de base et les objectifs généraux viennent donc d'un ministère et l'accueil et l'évaluation d'un autre. Les missions de chacune de ces tutelles étant a priori différentes, les ingénieurs et chercheurs sont donc tiraillés quotidiennement entre deux types de missions, font double travail et double rendu de manière insatisfaisante, et se trouvent parfois dans des situations de biais programmatique difficiles à gérer. Cette situation crée aussi des problèmes administratifs extrêmement lourds, chaque administration refusant de s'engager dans une logique commune avec d'autres administrations. On pourrait en donner des exemples courtelinesques.

Les personnes à même de nourrir efficacement la démarche AST rencontrent ainsi des empêchements dirimants à leur travail et à leur carrière.

Des accords - cadres interministériels (Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie / Ministère de la Culture et de la Communication) et inter-institutionnels (associations, CNRS SPI, CNRS SHS ...) seraient nécessaires pour formaliser ces situations de fait. Un accord-cadre a été signé au début des années 90 entre le Ministère de la Culture et certains départements du CNRS, et son actualisation en cours. Cependant, actuellement, les négociations de contractualisations en vue de constituer des unités mixtes sont prévues entre Universités et CNRS sans mention du partenariat possible du Ministère de la Culture. Un accord-cadre plus large avec le Ministère de la Culture (MCC) devrait bien sûr impliquer le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie (MENRT), de façon à concerner les Universités.

Un tel accord-cadre devrait prévoir un niveau institutionnel intermédiaire entre la création d'une Unité Mixte de Recherche (UMR), entité autonome, et la simple mise à disposition de personnels d'un Ministère auprès d'une unité d'un autre Ministère (MENRT et MCC). Comme le remarque Philippe Aigrain (1996), la situation de simple mise à disposition de personnels de recherche Culture dans un laboratoire CNRS nuit à la reconnaissance de la dimension spécifiquement culturelle des travaux conduits ; et actuellement les équipes Culture rattachées à des laboratoires CNRS sont financées de façon dominante par le Ministère de la Culture. Aussi devrait-on envisager, comme le propose Aigrain, d'introduire un niveau "équipe mixte de recherche", doté de structures légères et souples, mais pouvant recevoir des soutiens

spécifiques du CNRS (y compris en postes). Ce niveau intermédiaire pourrait préparer la mise en place ultérieure d'UMR si la signification des travaux le justifie.

Point 5. Les DEA "nationaux" et les formations spécifiques : Formations locales marginalisées et formations nationales centralisantes

Les thèmes AST n'ayant offert pour l'instant ni une alimentation en enseignants ou en étudiants ni un débouché suffisants, les universités n'ont pas ouvert facilement à leur niveau local des formations spécifiques (DEA ou DESS) concernant les thèmes AST, sauf les quelques cas particuliers dont il a été question dans le Point 1. De plus, aujourd'hui, la faible motivation qu'elles ont pour ce domaine rend difficile l'acceptation des propositions AST face à d'autres propositions sur des thèmes mieux centrés.

Les enseignements s'effectuent alors sous forme d'options de DEA existants à l'intérieur desquels ils représentent une force de second plan, donnant beaucoup et en profitant peu, et en étant soumis au biais programmatique en termes d'orientation de thèses.

S'il a été et s'il est sans doute encore raisonnable d'envisager à l'échelle nationale les enseignements pluridisciplinaires dans les domaines AST, pour tirer parti au mieux des ressources, des capacités d'accueil, des motivations, il faut remarquer que les rivalités entre universités et l'autonomie des établissements universitaires créent des obstacles très gênants, certains établissements ne reversant à des DEA qu'une très faible proportion de la dotation versée par le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie, surtout lorsqu'il s'agit de thèmes AST de faible poids. De plus les dotations habituelles aux DEA supposent l'existence d'enseignants en postes, ce qui ne peut être le cas pour l'instant pour les disciplines émergentes AST, surtout dans la mesure où les artistes ne peuvent avoir de statut à l'Université (cf. point 6 ci-dessous) : même si le décompte de l'argent dépensé est bien moins élevé en finançant des heures plutôt que des postes, il ne paraît pas possible d'obtenir l'augmentation de ces dotations en conséquence de cet état de fait.

D'autre part les enseignements de tels DEA nationaux tendent alors à avoir lieu à Paris, où sont concentrées la plupart des ressources : les universités et les équipes d'accueil qui ne sont pas à Paris sont pénalisées, car les étudiants qui souhaitent s'y inscrire ou y travailler ont des frais importants mais aucun moyen supplémentaire.

Il est donc essentiel que les formations doctorales AST soient dotées de moyens propres (personnels, outils informatiques) et qu'elles puissent disposer d'un financement public direct approprié à leurs spécificité.

Point 6. Hétérogénéité des statuts des personnels Ingénieurs du Ministère de la Culture, professionnels...

Les personnalités qui n'ont pas suivi un curriculum universitaire "normal" sont considérées comme des citoyens de seconde zone dans l'Université ou au CNRS. L'Université reconnaît difficilement d'autres interlocuteurs que des professeurs - et les responsables de DEA doivent être "de rang A ou assimilés".

C'est notamment le cas des praticiens artistiques, ou des chercheurs qui ont fait carrière dans le cadre du Ministère de la Culture, où il n'y a que des ingénieurs et pas de statut de chercheur. De telles personnalités, ne pouvant pour l'instant être assimilées au rang A - même si leurs travaux et leur réputation le justifieraient, et même s'ils sont habilités à diriger les recherches - ne peuvent se voir confier de responsabilités, par exemple pour la direction d'un DEA. (On notera qu'à la grande époque des Bell Laboratories les chercheurs étaient des ingénieurs, que ce soit le créateur de la théorie de l'information Claude Shannon, le pionnier de la communication par satellite John Pierce, le père de la musique par ordinateur Max Mathews, ou les prix Nobel Brattain, Shockley et Penzies).

En matière d'art, beaucoup d'acteurs de recherche et d'enseignement dépendent du Ministère de la Culture. Souvent leurs travaux sont validés dans la communauté scientifique internationale. Il existe une liste ad hoc établie par décret des "assimilés au rang A" : il faudrait pouvoir y faire figurer les ingénieurs du Ministère de la Culture pour lesquels ce serait justifié par leurs travaux et leurs responsabilités de fait.

Il est important aussi de soulever la question de la nécessaire participation aux enseignements des professionnels des branches concernées, dans des conditions certes raisonnables, mais plus fermement qu'à dose homéopathique. Eux-seuls peuvent définir et donner une formation favorisant l'employabilité. Ceci se fait naturellement dans des formations tirant leur ressources des fonds de formations permanentes ou sous tutelle des Chambres de commerce et d'industrie (Ecole d'infographistes de SupInfoCom à Valenciennes, ou des CFT-Gobelins à Paris). Cette remarque vaut aussi pour l'accueil d'artistes. Un premier prix de Conservatoire National Supérieur est assimilé au niveau bac +3 ou 4, ce qui n'est pas convenable. Récemment un directeur de maison de la culture mettant en œuvre un projet artistique comportant une composante technologique forte a dû faire appel à des informaticiens étrangers, faute d'informaticiens français ayant une expérience de travail avec des artistes (interview de Didier Fusillier, directeur de la Maison des arts de Créteil, Télérama n° 2512, 4 mars 1998).

Les obstacles administratifs font que dans le cadre d'un colloque, même s'il concerne les arts, il est bien plus facile de payer des banquets que des musiciens ou des artistes, qui ne sont pas forcément affiliés aux organismes requis par l'administration. Les règles comptables en vigueur ne permettent à une personne de facturer des prestations que si elle a "qualité" pour le faire : les critères administratifs pour juger de cette qualité diffèrent suivant les Ministères et les Etablissements. Les interventions de musiciens ou artistes sont difficiles à gérer au sein de l'Université ou du CNRS.

Point 7. La pratique de l'hébergement comme politique des universités et grandes écoles

Outre le fait historique que l'activité artistique n'est pas prise en compte dans l'Éducation Nationale et les grands organismes de recherche, créant un partage dommageable entre la création et le savoir, il faut noter une orientation souvent frileuse, voire passéiste, d'instances collectives qui ont souvent favorisé le patrimoine reconnu des siècles précédents par rapport aux domaines contemporains.

On ne peut strictement parler de non-reconnaissance totale des activités relevant des thématiques AST par les universités, les grands organismes de recherche et les grandes écoles. Ainsi l'activité d'informatique musicale, en France, comme dans beaucoup de lieux à l'étranger, a pu se développer dans certains laboratoires, parfois dans un climat d'acceptation

et d'intérêt. Paradoxalement, ce sont souvent les structures à vocation artistique et culturelle (conservatoires, écoles d'art, corporations ...) qui ont le plus freiné le démarrage des nouvelles formes de pensée et de production artistiques liées aux nouvelles technologies.

Mais en fait la politique des grands établissements en matière d'AST s'est souvent limitée à une pratique d'hébergement sans soutien de la thématique ni considération pour ses problèmes spécifiques. C'est le cas par exemple à l'INPG de Grenoble pour l'ACROE, au LMA à Marseille pour l'activité d'informatique musicale, à l'ENS Paris et l'EHESS pour le DEA Musicologie du XXème siècle, de l'Ecole polytechnique pour l'activité d'informatique graphique du Lactamme, de l'ENS Cachan vis-à-vis du groupe CREACI, de l'Ecole Centrale de Paris pour les recherches sur la couleur...

Cette pratique est évidemment non viable à terme. Elle a pu conduire soit à des conflits graves, soit à une sclérose par isolement du groupe de chercheurs concernés, car elle occulte l'activité et fait obstacle à sa légitimation, à son développement quantitatif et à son déploiement qualitatif (accueil d'artistes dans les laboratoires universitaires par exemple ...) en les limitant aux pratiques naturelles de l'organisme hébergeant.

Accessoirement, mais de manière significative, des questions très matérielles se posent telle que la question de la prise en charge des frais d'infrastructure, qui soulève à nouveau très concrètement la collaboration inter-ministérielle et/ou inter-institutionnelle.

Point 8. Le problème de la valorisation : publications et brevets

Qu'il s'agisse de valorisation par la publication ou de valorisation industrielle via des brevets et des licences d'exploitation, la situation du domaine AST est spécifique.

L'évaluation des recherches par les grands organismes passe par une mesure en termes de publications. Dans les domaines concernés, les conférences et surtout les revues "à comité de lecture" sont rares et peu reconnues. Ce problème est identique pour tous les secteurs naissants, surtout pour ceux à forte composante pluridisciplinaire. Les chercheurs ont une réelle difficulté à publier, et nombre d'entre eux n'ont pu obtenir de postes de recherche pour cette raison, malgré l'évaluation très positive de leur travaux et de leur compétences.

En matière de valorisation via des brevets, depuis une vingtaine d'années, certaines tentatives de valorisation de recherches atypiques à vocation artistique, faites dans le cadre d'organismes publics de recherche, ont avorté en raison de cadrages ou d'exigences irréalistes de la part des services de valorisation de ces organismes.

La législation européenne qui interdit la valorisation de toute invention dès lors qu'elle a fait l'objet d'une publication est également défavorable - la carrière des chercheurs dépend plus sûrement de publications que de brevets hypothétiques à l'application problématique, et une innovation risque d'être "volée" si elle n'est pas publiée assez rapidement. Aux États-Unis, le fait de publier permet au chercheur de prendre date, et il dispose alors d'une année pour déposer une demande de brevet. Ce problème général est cependant très critique en AST car la publication empêche de fait le dépôt de brevets. Il semble donc que la législation actuelle défavorise considérablement l'Europe sur le plan de la protection de l'innovation et des inventions : on ne voit pas pourquoi les pays européens continueraient à se laisser pénaliser par cette législation.

Comme dans beaucoup d'autres domaines de la recherche française, la remontée des résultats sur les produits (logiciels par exemple) est très faible.

Point 9. La sous-estimation de la puissance économique du domaine AST

Faisons remarquer à nouveau que depuis le début des années 70, la recherche en analyse-synthèse de la parole a été très fortement soutenue par des financements publics, alors que ses incidences et sa couverture économiques sont bien plus faibles que celles de la recherche sur le son musical numérique : or les retombées de cette dernière recherche ont été largement ignorées en France au moment même où elles commençaient à alimenter une industrie musicale aux États-Unis et au Japon.

Aujourd'hui, ce phénomène est au moins décuplé : l'élargissement des réseaux de communications, la diversification des médias, l'explosion prévue des chaînes thématiques et des bouquets de programmes par satellites, ainsi que l'augmentation de la réactivité dans la communication médiatisée, définissent un espace à combler en matière d'images et de sons, largement supérieur à la capacité de production nationale actuelle. C'est cela qui devrait calibrer à l'avance les prestations en recherche et en formation.

Ce phénomène est totalement sous-estimé par les organismes publics de recherche et d'enseignement, qui en restent à une vision archaïque en ce qui concerne le dimensionnement économique de l'activité artistique.

Point 10. Participation du Département SPI du CNRS

Alors que certaines recherches AST ont été unanimement reconnues comme étant des recherches de qualité dans le domaine des SPI, qu'elles ont été expertisées par le comité d'évaluation SPI, que certaines ont été évaluées au sein des laboratoires associés ou des UMR contractualisées avec le SPI, qu'elles trouvent un niveau de publications également reconnu, alors même que des UMR bipartites entre le Ministère de la Culture et de la Communication et le CNRS et qui relèvent des deux départements du CNRS SHS et SPI existent dans le domaine de l'architecture, la reconnaissance explicite de ces recherches par le département SPI du CNRS et la collaboration entre ce département et le Ministère de la Culture et de la Communication posent actuellement des problèmes qu'il faut résoudre. En dépit de dénégations officielles, les UMR sont la plupart du temps de grosses unités : comme il est dit plus haut, il serait souhaitable d'introduire un niveau "équipe mixte de recherche", doté de structures légères et souples, mais pouvant recevoir des soutiens spécifiques du CNRS (y compris en postes).

Mesures proposées

La considération des dix points qui précèdent amène à proposer des mesures à court et à moyen terme, qui devraient aider à préserver, dans les domaines de la recherche et de la formation, un existant menacé, et à prévoir un dispositif pour couvrir les secteurs négligés : définition d'un accord-cadre Ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Technologie (Universités et Centre National de la Recherche Scientifique) - Ministère de la Culture et de la

Communication ; création d'une école doctorale impliquant les deux DEA existants, mais remaniés (ATIAM et Musique et Musicologie du XXe siècle) et un nouveau DEA national tourné vers les aspects "image" ; création d'une école doctorale impliquant ces DEA et dotée directement de moyens financiers et de bourses de thèse; reconnaissance universitaire correcte d'acteurs de la recherche AST, et notamment des chercheurs sous la tutelle du Ministère de la Culture (en particulier les ingénieurs du Ministère de la Culture habilités à diriger les recherches et dont l'activité en recherche et encadrement AST est reconnue devraient pouvoir être habilités pour la charge de direction d'un DEA), mais aussi reconnaissance des réalisations artistiques (en particulier pour permettre l'accueil de post-doc artistes étrangers dans des laboratoires AST) ; mise en place d'un certain nombre d'actions spécifiques sur des projets de recherche ciblés; aide au recrutement par le fléchage régulier de postes adéquats sur le thème AST ; possibilité de flécher des crédits BCRD pour les recherches AST.

E - Propositions d'organisation

Le développement et la structuration du domaine AST, domaine de recherche encore embryonnaire, met en jeu un certain nombre d'actions complémentaires possibles. L'objectif est d'associer chercheurs d'origine scientifique, chercheurs du domaine de la culture, artistes, industriels du domaine culturel et multimédia dans des équipes, des formations et des projets permettant leur fécondation réciproque. Pour l'atteindre, il faut mettre en place des structures pouvant favoriser le développement et la valorisation de la recherche en art-science-technologie, et aussi aménager des mesures pour faciliter les interactions art-science-technologie dans la recherche, le développement et la formation.

Il est important de partir des ressources existantes. Le repérage des ressources en France a distingué trois catégories de groupes susceptibles de participer au programme AST. Le premier niveau est celui de groupes de terrain déjà actifs dans le domaine AST, et pouvant donc être immédiatement opérationnels : ces groupes sont au nombre de 9. Le second est celui de groupes ou d'institutions susceptibles d'être directement concernés par des appels d'offre. Leur nombre est de l'ordre d'une cinquantaine. Le troisième est celui de groupes ou d'institutions susceptibles de collaborer sur des thèmes AST spécifiques : ils sont au nombre d'une quarantaine environ. Ces évaluations numériques sont données ici pour cadrer les propositions d'intervention.

Les cadres juridiques possibles sont précisés dans le tome II, chapitre "Structures juridiques". Le lecteur est prié de se reporter à ce chapitre, qui explique pourquoi telle structure est préférable à telle autre pour le développement du programme AST.

Niveau 1 : Structuration au niveau institutionnel

Ce programme AST est par nature pluridisciplinaire et interministériel. Ce niveau traite d'une part de la coopération entre institutions existantes concernées par ce thème (Ministères, établissements publics) et d'autre part des moyens institutionnels nouveaux à mettre en place :

- Ministères : Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie, Ministère de la Culture et de la Communication, Ministère de l'Industrie
- Établissements publics : Universités, CNRS, INRIA, INA, CNAC, CNSM ...

Les objectifs couverts par AST ne seront pas assurés par le seul choix d'une structure juridique, mais l'importance d'une structure adaptée est primordiale à terme pour garantir la pérennité du projet.

Les enjeux décrits plus haut font de la recherche AST un secteur stratégique : cependant cette recherche est actuellement mal connue et mal traitée pour des raisons de taille critique insuffisante. La création d'une entité permettrait au domaine AST d'émerger de façon identifiable. Un tel regroupement des activités AST donnerait au domaine une visibilité et une reconnaissance qu'il ne peut avoir dans l'état présent, étant donné la dispersion des activités au sein d'unités à statuts divers. Il devrait aider à inciter et à organiser les recherches dans le domaine et à établir des liens avec le monde industriel.

A ce titre, la création d'un institut ayant le statut d'établissement public est souhaitable parce qu'elle assure à la fois la continuité du budget, la reconnaissance extérieure, l'autonomie décisionnelle et la personnalité juridique. Un tel institut devrait aider à traiter de façon unifiée l'ensemble des problèmes de la recherche et de son évaluation, du développement, de la valorisation et de la formation pour tout un ensemble de métiers, en restant en prise sur la science, la technologie et la création artistique.

Mais la création d'un tel établissement est une opération lourde et sa position intermédiaire entre plusieurs ministères ne rendra pas cette création plus simple.

On pourrait alors conseiller la mise en place à titre provisoire d'un réseau de recherche, pouvant conduire à court terme à la constitution d'une structure d'établissement public. Ce réseau devrait avoir un statut de type GIP (Groupement d'Intérêt Public). Il devrait se doter d'un conseil d'administration et d'un conseil scientifique et artistique. Cette structure devrait faire intervenir les deux (ou trois) ministères concernés. Elle devrait pouvoir s'associer à des établissements publics à vocation plus spécifique (universités, écoles, conservatoires, écoles d'art...) suivant les nécessités du programme.

Niveau 2 : Infrastructures de recherche et de formation

Infrastructures de recherche

2.1. Reconnaissance par les institutions ayant présidé à la fondation du programme AST d'un certain nombre d'unités de recherche

2.2. Assurer une alimentation régulière du domaine en jeunes chercheurs par des fléchages thématiques de postes de maîtres de conférences, de chargés de recherche (ou de professeurs) au titre de la recherche AST.

2.3. Mise en place d'un certain nombre d'actions spécifiques par la Direction de la Recherche sur des projets de recherche ciblés.

2.4. Proposer l'affectation d'un certain montant du BCRD (postes et moyens matériels et financiers) au Ministère de la Culture et de la Communication, au titre de la recherche artistique.

2.5. Permettre l'accueil de post-doctorants étrangers scientifiques ou artistiques dans les différents laboratoires de recherche.

A la structure institutionnelle décrite ci-dessus devrait correspondre une infrastructure constituée de groupes « de terrain » en nombre réduit, constitués d'équipes reconnues pour leur action d'excellence dans l'un des thèmes de l'AST (par exemple la musicologie, les arts plastiques, le cinéma, la danse...). Le repérage des ressources en compte 10 actuellement. Ces groupes assureraient l'activité à long terme de l'institut aussi bien en recherche qu'en enseignement. Ils recevraient les moyens techniques et humains dédiés au domaine AST. Ils seraient évalués régulièrement par des instances externes.

En attendant l'installation souhaitée d'un institut, ces groupes serviraient également de pôle de rattachement des activités relevant du domaine AST mais isolées administrativement dans des unités éparpillées.

Infrastructures de formations

2.6. Création en plus des 4 DEA existants (ATIAM et Musicologie du XXème siècle pour la musique, et les deux DEA pour l'architecture) d'un DEA national tourné vers les aspects "Image" de l'Art.

2.7. Création d'une école doctorale impliquant ces différents DEA et dotée directement du point de vue financier et en bourses de thèses.

2.8. Mettre en place une école "jeunes chercheurs" permettant de poser la problématique aux jeunes chercheurs des deux communautés.

2.9. Favoriser la mise en place de DESS double compétence.

Niveau 3 : Actions incitatives

Il s'agit des moyens conjoncturels permettant d'impulser des orientations nouvelles et d'œuvrer à l'élargissement des bases de la communauté. Cela pourrait s'effectuer par le lancement d'un programme de type RNRT modifié.

On se reportera tome II, chapitre "Structures juridiques", paragraphes B-2 "Les réseaux" et B-3 "L'exemple du RNRT", pour des détails sur les aménagements nécessaires au modèle RNRT pour l'adapter à un réseau AST. AST doit non seulement donner une impulsion à un domaine stratégique, mais aussi mettre en place des structures de formation et de recherche pluridisciplinaires différentes de celles qui existent et modifier en profondeur les pratiques artistiques et scientifiques. Alors que le RNRT s'appuie sur des existants bien établis, AST aura à regrouper des équipes dynamiques mais souvent mal insérées et soutenues.

Ces actions incitatives pourraient fonctionner comme le RNRT sur la base d'appels à contributions. Il aurait pour fonction de créer une interface naturelle entre l'institut et les communautés scientifiques et artistiques. Il permettrait ainsi d'assurer les passerelles vers l'industrie. Il devrait constituer un vivier pour l'Institut projeté.

Des projets de recherche et de création soutenus par ce programme devraient pouvoir associer autour d'un projet des équipes de compétences diverses (laboratoires universitaires, écoles d'art, industriels, studios de création). Comme dans le cas du RNRT, on pourrait y distinguer des projets exploratoires en matière de recherche et de création et des projets précompétitifs pour la valorisation industrielle des produits de la recherche. Il ne faudrait pas non plus oublier la valorisation scientifique et culturelle (diffusion d'œuvres et de concepts, pédagogie de la création ...)

Il devrait permettre également le financement par les laboratoires d'accueil de professionnels d'origines diverses et par les ateliers l'hébergement d'ingénieurs ou de techniciens.

Ont été repérés une cinquantaine de groupes ou d'institutions susceptibles d'être directement concernés par ce type d'appels d'offre, et une quarantaine de groupes ou d'institutions susceptibles de collaborer sur des thèmes AST spécifiques.

Remarque conclusive :

Le troisième niveau "Actions incitatives" suppose l'existence des deux premiers (structuration institutionnelle et groupes de terrain).

Dans le domaine AST, ces niveaux 1 et 2 sont partiellement existants mais présentent un ensemble de manques importants tant au niveau des coopérations et des reconnaissances institutionnelles que des moyens pérennes affectés aux équipes existantes.

L'existence coordonnée de ces trois niveaux permettraient à la fois d'améliorer la structuration et l'existence de la communauté et de financer les coopérations inter-institutionnelles.

L'objectif premier nous semble être d'arriver à terme à la mise en place d'un **Institut à vocation nationale**, organisateur des activités AST sur le territoire. Les analyses présentées dans ce rapport étayent la conclusion qu'en raison des spécificités AST (nature de la relation avec les praticiens de l'art, schémas de valorisation spécifiques liées aux industries culturelles, nature de la recherche scientifique liée à l'art), et en dépit de la taille relativement petite de la communauté, il est illusoire de vouloir continuer à gérer cette communauté via les cadres institutionnels existants.

La création d'un tel établissement étant une opération lourde, il semble indiqué dans un premier temps de constituer un réseau interministériel fédérateur à partir de quelques groupes de terrain reconnus pour leur action d'excellence dans l'un des thèmes AST.

Un **Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS)** pourrait permettre d'amorcer rapidement cette action - mais cette structure n'assure pas une autonomie suffisante à l'action AST pour que les problèmes spécifiques évoqués dans le chapitre précédent soient résolus : en particulier elle ne paraît pas propre à engager suffisamment les milieux de la culture ; et son pilotage par une Université lui conférerait un caractère local contraire à ce qui est souhaité.

Aussi un tel réseau devrait-il avoir la forme d'un **Groupement d'Intérêt Public (GIP)** doté d'un Conseil d'Administration et d'un Conseil Scientifique et Artistique, afin d'assurer la prise en compte des logiques spécifiques des actions AST, ce qui n'est pas le cas dans les structures existant actuellement. Un GIP pourrait accueillir des personnels en détachement; il permettrait de mettre en place des liaisons, des processus d'évaluation, des aides incitatives permettant d'intéresser des chercheurs d'autres équipes. Comme il est précisé ci-dessus, le programme RNRT - Réseau National de Recherche en Télécommunications - donne sur ce dernier point un exemple intéressant de structuration d'actions incitatives : mais les spécificités du domaine AST commandent des modifications substantielles à ce modèle.

Conclusion : Recommandations

La **conclusion** avance des **recommandations** en vue de renforcer et de valoriser la recherche française en art, science, technologie. Le domaine AST apparaît d'une importance stratégique, mais sa masse critique n'est actuellement pas suffisante pour que les problèmes spécifiques que pose son épanouissement soient pris en compte convenablement dans la logique normale des grandes institutions.

L'importance du domaine incite à réfléchir sur le lancement rapide de stratégies et à organiser une veille économique dans le domaine des industries culturelles. Points névralgiques, le conflit entre le principe français du droit d'auteur et le principe du copyright, et l'évolution complexe de la propriété intellectuelle et artistique face à l'évolution technologique qui dématérialise les circuits physiques de distribution, pourraient appeler une poursuite des travaux du Comité AST, en concertation avec les sociétés collectives de perception des droits en Europe.

Un certain nombre de mesures ponctuelles à court terme paraissent nécessaires pour résoudre les divers problèmes spécifiques, notamment les cloisonnements et les différences de statut, qui font obstacle aux activités AST, pour préserver un existant menacé, pour prendre en compte la spécificité de ces activités et pour faciliter leur insertion et leur développement dans la communauté de recherche française :

- définition d'un accord-cadre Ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Technologie (Universités et Centre National de la Recherche Scientifique) - Ministère de la Culture et de la Communication ;
- création d'une école doctorale qui impliquerait les deux DEA existants, mais remaniés (ATIAM et Musique et Musicologie du XXe siècle) et un nouveau DEA national tourné vers les aspects "image" et qui serait dotée directement de moyens financiers et de bourses de thèse ;
- reconnaissance universitaire correcte d'acteurs de la recherche AST, et notamment des chercheurs sous la tutelle du Ministère de la Culture (en particulier les ingénieurs du Ministère de la Culture habilités à diriger les recherches, et dont l'activité en recherche et encadrement AST est reconnue, devraient pouvoir être habilités pour la charge de direction d'un DEA), mais aussi reconnaissance des réalisations artistiques (en particulier pour permettre l'accueil de post-doc artistes étrangers dans des laboratoires AST) ;
- mise en place d'un certain nombre d'actions spécifiques sur des projets de recherche ciblés ; aide au recrutement par le fléchage régulier de postes sur le thème AST ; possibilité de flécher des crédits BCRD pour les recherches AST.

Il semble indiqué dans un premier temps de mettre en place un réseau interministériel fédérateur à partir de quelques groupes de terrain reconnus pour leur action d'excellence dans l'un des thèmes AST.

Un tel réseau, qui pourrait prendre la forme d'un GIP doté d'un Conseil d'Administration et d'un Conseil Scientifique et Artistique, permettrait de mettre en place des liaisons, des

processus d'évaluation, des aides incitatives permettant d'intéresser des chercheurs d'autres équipes (sur ce dernier point, le programme RNRT - Réseau National de Recherche en Télécommunications - donne un exemple intéressant de structuration d'actions incitatives).

Même s'il s'agit d'une structure lourde, il paraît nécessaire de préparer dès maintenant la création d'un Institut interministériel (établissement public) pour assurer reconnaissance, fonctionnement efficace et pérennité du domaine AST. Un tel établissement devrait permettre l'accueil, à divers niveaux de la formation et de la vie professionnelle, d'intervenants d'origines diverses - chercheurs scientifiques, chercheurs du domaine de la culture, acteurs et industriels des domaines culturels et multimédia - dans des unités et des projets permettant leur fécondation réciproque.

TOME II ELEMENTS D'ANALYSE ET DE DOCUMENTATION

REPÉRAGE DES RESSOURCES

Groupes français susceptibles de participer à un programme AST

Préambule

Ce document esquisse une quantification de l'état des ressources en France en matière d'AST ainsi qu'une catégorisation opératoire en trois niveaux :

- les groupes de terrain actifs dans le domaine AST et pouvant être immédiatement constitutifs d'un réseau d'unités de recherche et pouvant jouer le rôle de pôles d'attraction et de rayonnement (groupes pilotes)
-> leur nombre est de l'ordre de la dizaine
- les groupes de terrain susceptibles de répondre à des appels d'offre (certains de ces groupes consacrent déjà tout ou part de leur activité au domaine AST)
-> leur nombre est de l'ordre de la cinquantaine
- les ressources périphériques susceptible de collaborer à des travaux dans le domaine AST
-> leur nombre est de l'ordre de la quarantaine

La liste effective des groupes est donnée ci-après. On y trouvera aussi la mention de groupes ou de sociétés actifs à l'étranger dans le domaine AST.

Dans les trois niveaux, et particulièrement dans le premier niveau, les diverses disciplines artistiques sont représentées.

Du point de vue géographique, on trouve des groupes nombreux à Paris et en Ile de France et dans le sud de la France ; un nombre moins élevé dans l'est et le nord, et peu de groupes dans l'ouest. Il faut bien sûr relativiser ce survol statistique : les poids et l'influence des divers centres sont souvent sans commune mesure.

Du point de vue des tutelles, on trouve des groupes universitaires, des groupes CNRS, et des groupes subventionnés pour tout ou partie par le Ministère de la Culture et de la Communication (MCC). Le MCC maintient le cap vers des développements artistiques en apportant une expertise qui n'est pas présente au sein des Universités ou des grands établissements de recherche.

Sur le plan pédagogique, l'enseignement supérieur est assuré par les Universités, y compris dans les disciplines artistiques, qui relèvent de la 18ème section du Conseil National des Universités (Esthétique et Sciences de l'art). Dans le domaine AST, il faut noter

particulièrement les DEA Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique (ATIAM, Université d'Aix-Marseille II et Université Paris VI) et Musique et Musicologie du XXème siècle (Ecole des Hautes Études en Sciences Sociales) - ces deux DEA étant hébergés par l'IRCAM - et le DEA ATI (Art et Technologie de l'Image) de Paris 8.

Ces enseignements répondent à un besoin, mais ils rencontrent des difficultés liées à leurs spécificités AST (cf. ci-dessous, "Stratégies scientifiques" et "Problèmes spécifiques").

Mais il faut noter qu'en France l'université ne participe pratiquement pas à l'enseignement des pratiques artistiques. Les enseignements artistiques pratiques - on parle d'enseignement supérieur spécialisé - sont sous la tutelle du Ministère de la Culture et de la Communication : Écoles des Beaux-Arts, Conservatoires Nationaux de Musique de Paris et de Lyon (CNSM), Ecole de théâtre de Strasbourg, Écoles d'architecture. Beaucoup de progrès y ont été accomplis depuis 25 ans en ce qui concerne l'apprentissage et l'élargissement des répertoires. En revanche l'aspect 3ème cycle (recherche) est difficile à prendre en compte: certains établissements d'enseignement spécialisé comme le CNSM Paris cherchent à se rapprocher des Universités en vue de faire reconnaître certains diplômes.

Ce recensement, certainement incomplet, et cette catégorisation ne doivent être considérés que comme provisoires. Ils ont été nécessaires au chiffrage des ressources et à l'évaluation des besoins en moyens structurels, humains et matériels en matière d'AST en France.

I. Groupes de terrain pouvant être immédiatement constitutifs du réseau d'unités de recherche

Marseille

Les ressources scientifiques et culturelles de la région, la présence à Marseille de Jean-Claude Risset, directeur de recherche au CNRS, pionnier de l'informatique musicale au niveau mondial, et compositeur de renom, et l'existence d'une unité mixte Direction de l'Architecture-CNRS, issue du GAMSAU, groupe pionnier de l'application de l'informatique en architecture, font du pôle géographique d'Aix - Marseille l'un des centres les plus marquants d'un éventuel réseau de recherche, et probablement la tête de pont de ce réseau.

Le pôle d'Aix - Marseille pourrait s'appuyer :

- sur l'unité mixte MAP de l'Ecole d'Architecture de Marseille-Luminy, dirigée par Michel Florenzano (modélisation et la simulation pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage). Le laboratoire est déjà engagé dans des opérations d'accueil d'artistes et de production de produits multimédia. Il intervient par exemple tous les ans à IMAGINA, haut lieu des prestations de services en Image de synthèse pour l'audiovisuel. Il est constitutif de l'UMR 694, sous tutelle du CNRS (SHS & SPI) et de la Direction de l'Architecture du Ministère de la Culture. Cette UMR est multisites : Marseille, Nantes & Nancy.
<http://www-gam.cnrs-mrs.fr/>
- sur l'Opération de Recherche "Informatique musicale : synthèse et effets audionumériques" du LMA (Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, UPR 7051-CNRS) avec Jean-Claude Risset, Daniel Arfib. On notera que ces recherches ont commencé à la Faculté de Luminy dès 1972, et que l'OR bénéficie d'une expertise exceptionnelle en synthèse des sons musicaux. Daniel Arfib coordonne un projet européen COST "Digital Audio Effects" réunissant des équipes de Barcelone à Hambourg et Trondheim (<http://www.iaa.upf.es/dafx98>).
<http://alphalma.cnrs-mrs.fr/>

• On pourrait envisager d'associer à ces équipes l'ACROE de Grenoble (cf ci-dessous ACROE), dont les recherches associent naturellement les aspects image, son et geste, et le groupe en préfiguration autour d'Eveline Golomer en vue de recherches sur le geste et la danse (cf ci-dessous ARSPMA).

Le site de Marseille bénéficierait d'un environnement scientifique, technologique, culturel et urbain important, et notamment :

- du Campus de Luminy avec la Faculté des Sciences (Doyen M. Mathey) de l'Université de la Méditerranée (Président Didier Raoult), le Centre International de Réunions Mathématiques, le Centre CNRS de Formation Permanente, l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Luniny, l'ESBAM (Ecole Supérieure des Beaux Arts de Marseille - Dir : Michel Enrici), l'Ecole d'architecture, et un certain nombre d'entreprises innovantes (Prologia, Immabio) ;
- du Groupe CNRS de Laboratoires de Marseille, avec le laboratoire de Neurosciences Fonctionnelles, et l'UMR-6559 "Mouvement et perception" dirigé par Jean Pailhous ;
- d'un potentiel local important de recherche et de création artistique, incluant :
 - les centres de recherche musicale GMEM (Groupe de Musique Expérimentale de Marseille - Dir. : Raphaël de Vivo, scène nationale du Ministère de la Culture et de la Communication, qui, outre son activité de création et de diffusion musicale poursuit des recherches en liaison avec l'Equipe IM du LMA, CNRS) et MIM (Musique et Informatique de Marseille- Dir. : Pascal Gobin) ;
 - le Conservatoire National de Région (classe de composition: Georges Bœuf, classe d'électroacoustique: Pascal Gobin) ;
 - l'Ecole d'Art d'Aix / Cypres (Centre Interculturel de Pratiques, Recherches et Echanges Transdisciplinaires - Dir : Ysabel de la Roquette) ;
 - la Friche Belle de mai de Marseille (Dir : Philippe Foulquier), qui accueille des artistes et où s'implantent les archives de la ville et un Laboratoire du Ministère de la Culture sur la conservation préventive du patrimoine, en relation avec le projet Euroméditerranée ;
 - l'ORME (Office de Recherche des Multimédias Educatifs, Centre Régional de Documentation Pédagogique (Dir : Dominique Liautard) ;
 - l'Ecole d'Art d'Aix - Dir. Jean Biagini / Cypres (Centre Interculturel de Pratiques, Recherches et Echanges Transdisciplinaires - Dir : Ysabel de la Roquette) ;
- Le technopole de Château-Gombert, avec la Société Euritis ;
- Le technopole du plateau de l'Arbois ;
- la Fondation Vasarely à Aix-en-Provence ;
- la Fondation Camargo (USA) à Cassis ;
- l'Ecole Nationale de la photographie à Arles.

Grenoble

ACROE

Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression

Direction : Claude Cadoz, Annie Luciani

l'ACROE est une structure associative conventionnée et financée par le Ministère de la Culture et de la Communication sur le BCRD depuis 1977. Elle est également une équipe d'un laboratoire des universités grenobloises Joseph Fourier et INPG, laboratoire appartenant dans la fédération IMAG.

L'ACROE a formulé en juin 1998 une demande d'équipe d'accueil MENRT pour le prochain plan quadriennal 1999 - 2002

- Programme général :

Contribution au développement des outils matériels et conceptuels liés aux nouvelles technologies pour la création musicale et pour la création d'images animées.

L'équipe a été pionnière dans ce domaine en montrant depuis 1975 la voie des réalités virtuelles, avec la mise en œuvre de la synthèse des sons et des images par modèles physiques et de la commande gestuelle avec retour d'effort.

- Domaines de recherche :

Informatique musicale et synthèse sonore, informatique graphique et image animée, interaction gestuelle instrumentale et systèmes gestuels à retour d'effort, simulateurs multisensoriels interactifs, modélisation et simulation d'objets sonores, visuels et manipulables, simulateurs d'apprentissage, réalités virtuelles.

- Activités :

Recherche scientifique et technologique, création artistique, formation, et valorisation culturelle et industrielle.
• Quantification :
7 permanents dont 2 Ingénieurs de recherche du Ministère de la Culture et de la Communication, 17 thèses soutenues, 3 brevets.

Le pôle de Grenoble pourrait s'appuyer sur :

- les laboratoires d'informatique de l'Institut IMAG, fédération associée CNRS (notamment le laboratoire Leibniz, le laboratoire GRAVIR, le laboratoire CLIPS) ;
- des laboratoires de traitement du signal de la fédération ELESIA associée au CNRS (notamment Institut de la Communication parlée, Laboratoire Images et Signaux, Laboratoire d'Automatique ...) ;
- l'INRIA Rhône-Alpes sur les projets de Réalités Virtuelles ;
- du laboratoire de psychologie expérimentale (LPE), laboratoire pionnier dans l'étude de la modalité haptique avec une fondatrice de la discipline, Yvette Hatwell ("Toucher l'espace") ;
- le CRESSON (Ecole d'architecture), prenant en compte les aspects sonores dans l'architecture et la question des ambiances (Dir : Jean-François Augoyard) ;
- cinq DEA : Informatique et Systèmes de Communications, Imagerie-Vision-Robotique, Signal-Image-Parole, Ambiances Architecturales et Construites ;
- l'Ecole d'Art de Grenoble ;
- le Centre National d'Art Contemporain ;
- le Conservatoire National de Région de Musique ;
- la friche Bouchayer, projet régional qui pourrait inclure un ECSTI (Espace de Culture Scientifique et Technique), des sociétés innovantes pour les développement logiciels et multimédia, ainsi que des ateliers d'artistes.

<http://www.acroe-imag.fr/>

Paris - Musique

UMR 9912 - Recherche musicale

Hugues Dufourt, compositeur, philosophe et musicologue, directeur de recherche au CNRS, a joué un rôle décisif dans l'implantation en France d'une musicologie moderne prenant en compte l'histoire sociale, la création contemporaine, le rôle croissant de la science et de la technologie. Ayant reçu mission de fédérer les recherches en musicologie au CNRS, il a développé le Centre CNRS d'Information et de Documentation "Recherche Musicale" et constitué une base documentaire de recherche de 12 000 ouvrages récemment intégrée à la médiathèque de l'IRCAM. Puis il a fondé une formation doctorale dans un domaine ignoré par l'Université française, Musique et Musicologie du XX^{ème} siècle, en faisant intervenir des personnalités internationales. Il dirige l'Unité Mixte de Recherche UMR 9912 CNRS (Département Sciences de l'Homme et de la Société) - Ministère de la Culture, qui a déjà donné des travaux théoriques majeurs.

L'Unité Mixte UMR 9912 est actuellement en restructuration. C'est l'occasion d'une redéfinition nécessaire des thèmes de recherche de l'UMR et de son articulation avec une formation doctorale qui doit déborder le champ de la musicologie critique. La recherche doit être pour la musique et pas seulement sur la musique : l'enseignement doit faire porter l'accent sur la formation pratique aux finalités de la production musicale - donner une priorité à la musicologie productive. Le laboratoire doit renforcer la dimension SHS (Sciences de l'Homme et de la Société) de la recherche musicale, que l'aspect Sciences Pour l'Ingénieur tendait à oblitérer.

L'Université, qui est en mesure aujourd'hui d'assurer le relais de la musicologie contemporaine avec des personnalités et acteurs tels que Eveline Andréani, Marc Battier, Jean-Yves Bosseur, Pierre-Albert Castanet, Daniel Charles, Daniel Durney, Laurent Feyneyrou, Marta Grabocz, Martin Laliberté, Pierre Michel, Costin Miereanu, Peter Szendy, Marc Texier, Horacio Vaggione, devrait aussi prendre en compte ces nouvelles dimensions de la formation à la recherche - en veillant à ce que la recherche ne soit pas coupée de la création.

Paris et Ile de France - Image

Dans la région Paris - Ile de France, quatre ou cinq grandes structures ont des activités significatives en matière d'AST-Image avec des poids divers donnés soit à la recherche, soit à la formation. Parmi celles - ci, deux ou trois pourraient constituer des unités de recherche du réseau AST.

Groupe "Arts & Technologies de l'Image", Paris VIII

(Dir : Edmond Couchot)

Il s'agit d'une unité qui comporte de l'enseignement et de la recherche. Elle est rattachée à l'UFR Arts, Philosophie, Esthétique (ARTS) de l'université de Paris 8 - Vincennes Saint Denis. Un enseignement de second cycle prépare à la maîtrise des technologies numériques de l'image fixe et animée 2D et 3D. Il est l'un des rares à reposer sur une double compétence technique (programmation graphique) et artistique (création d'image). Il est le seul à proposer cette double compétence en sciences humaines et sociales. Cet enseignement est prolongé par une option d'un DEA "Esthétiques, Technologies et Créations Artistiques" puis d'un doctorat. Le laboratoire associé à cette formation est composé de 5 chercheurs à double compétence habilités à diriger des recherches. Cette formation a plus de 15 ans d'existence et leurs fondateurs ont été parmi les pionniers français de la synthèse d'image pour l'art.

<http://www.univ-paris8.fr/up8/Bases/2cycle/ATIL.M.shtml>

<http://www.labart.univ-paris8.fr/>

ENSAD (Ecole Nationale des Arts Décoratifs)

autour de Pierre Hénon et Jean François Delpesenaire

L'ENSAD est un EPA du Ministère de la Culture et de la Communication. L'activité de synthèse d'image et de PAO a démarré au début des années 1980. Elle a eu alors une activité de recherche et développement en matière de synthèse d'image et a collaboré activement au Plan Recherche Image (PRI). Par la suite, l'activité s'est réorientée sur la formation autour de logiciels existants. La formation est fortement centrée sur les technologies numériques (200 postes PC pour l'image numérique). Cette réorientation s'argumente principalement par (1) l'absence de statut de personnels de type enseignants-chercheurs, (2) la faiblesse de l'industrie des logiciels en imagerie française, (3) la difficulté de gestion hors cadre institutionnel de la différence de culture entre recherche et formation de type universitaire et formation professionnelle. Dans cette école, plus de 50% des 150 enseignants travaillent sur le numérique. Une incitation et des moyens pourraient permettre de relancer une activité de recherche. A noter que Patrick Fleury s'occupe aussi de relation image-son.

<http://www.ensad.fr/>

<http://www.ensad.fr//pointeurs.html>

Département TSI de l'ENST

Dans le domaine d'AST, les recherches au Département Traitement du Signal et des Images de l'ENST (Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications) couvrent aussi bien des activités de traitement d'images (Henri Maître) et des objets tridimensionnels (Francis Schmitt) que des activités d'acoustique musicale (Antoine Chaigne). En traitement et analyse des images, ses travaux couvrent l'aide à l'interprétation des documents muséologiques (radiographies, repentirs, craquelures), l'analyse colorimétrique des œuvres peintes, la saisie, l'archivage et la distribution des peintures numériques, l'analyse tridimensionnelle des statues et des objets muséologiques, leur représentation et leur animation dynamique. Ces recherches ont fait l'objet de multiples collaborations avec le Ministère de la Culture et de la Communication. Le département TSI est un lieu privilégié de rencontre entre les recherches

en télécommunications et multimédia et les activités d'analyse et de valorisation du patrimoine.

http://www-ima.enst.fr/ima_fr.html

http://www.sig.enst.fr/~maitre/fine_arts.html

<http://www-ima.enst.fr/~maitre/arts.html>

CREACI

Centre de Recherche et d'Etude en Arts et Création Industrielle

Patrick Saint Jean

A l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, Patrick Saint-Jean a constitué un centre nommé CREACI, qui a pour vocation la recherche et le développement en Art et Création Industrielle tant dans les Arts appliqués que dans les Arts Plastiques et l'Esthétique, les Sciences de l'Art et les relations entre Arts, Sciences et Technologies. La formation dure 4 ans après les deux années de préparation au concours de l'ENS Cachan. Après la 4ème année (DEA) les élèves peuvent enseigner dans les classes post-bac des lycées et IUT ou continuer leur formation doctorale. Ce pôle pourrait être moteur pour l'introduction des domaines AST dans les lycées spécialisés en art de l'Education Nationale.

<http://creaci.ens-cachan.fr/Creaci.html>

Paris/Rouen Image

Ecole Centrale de Paris & INSA de Rouen

Patrick Callet et Jean Marc Matos

A l'Ecole Centrale de Paris se mène depuis plus de 15 ans une recherche sur la création artistique, en particulier en ce qui concerne la captation, l'analyse et la synthèse de l'image, de la couleur et des propriétés de matériaux et supports picturaux ou à sculpter. L'originalité de l'approche est son lien avec la physique. Les applications sont évidentes en matière de patrimoine et d'archivage d'objets muséologiques, mais elles existent aussi en matière de synthèse d'image. Le désintérêt de l'environnement pour l'activité AST a fortement limité le développement de cette approche, et il a conduit le principal acteur à prendre contact avec l'INSA de Rouen, qui accueille des recherches sur la danse menées par Jean-Marc Matos (cf. ci-dessous Rouen image et danse).

<http://virtual.pl.ecp.fr/~callet/>

<http://www.insa-rouen.fr/>

Paris - Danse

ARSPMA

Association pour la Recherche Scientifique sur la Perception et la Motricité Artistiques

Fondatrice : Eveline Golomer

L'ARSPMA est une association de création récente (Mai 1997) qui a pour objet la promotion et le développement de la recherche scientifique en biomécanique, physiologie neurosensorielle et motrice, et neurosciences comportementales dans le domaine du mouvement chez les individus pratiquants les arts du mouvement ou utilisant le mouvement pour une expression artistique graphique ou musicale. Elle est actuellement hébergée à la Faculté de Médecine de la Pitié-Salpêtrière au Laboratoire de Physiologie du Travail et du Sport (Pr Henri Monod). Ces recherches se différencient de celles poursuivies dans le domaine du sport car elles font intervenir la dimension artistique et expressive du geste. Un débouché important devrait être l'usage de ces connaissances en nouvelles technologies et en particulier en matière de codage, représentation et traitement du geste artistique. L'ARSPMA

n'est pas encore un groupe opérationnel, mais la rareté de ce thème de recherche devrait en faire un germe important pour les études AST.

II. Groupes de terrain susceptibles d'être directement concernés par des appels d'offre

Aix/Marseille

GMEM

Groupe de Musique Electroacoustique de Marseille

Dir. : Raphaël de Vivo ; président : Georges Bœuf (professeur de composition au Conservatoire National de Région de Marseille) ; chercheur : Laurent Pottier
Scène Nationale du Ministère de la culture - Réalise actuellement pour la Cité des sciences et de l'industrie un dispositif de "percussion virtuelle"
<http://mars.imt-mrs.fr/gmem/welcome.html>

MIME

Musique et Informatique de Marseille

Dir. : Pascal Gobin, professeur d'électroacoustique au Conservatoire National de Région de Marseille

Ecole d'Art d'Aix / Cyprès

Centre Interculturel de Pratiques, Recherches et Echanges Transdisciplinaires

Ysabel de la Roquette & Claude Gudin

Rencontres pluridisciplinaires autour d'un thème (espace, lancer...)

Ecole d'art, rue Emile tavan, 13100 Aix-en-Provence

<http://www.aix.ensam.cypres.fr>

<http://www.siac.it/cypres> (cf.

ESBAM

Ecole Supérieure des Beaux Arts de Marseille

Dir : Michel Enrici

<http://www-esbam.gamsau.archi.fr/> (cf.

Brouillard Précis

Atelier d'expérimentation sur l'image 3D

Marlène Puccini, Jean Delsaux

GRIS

Groupe de Recherche Image & Son

Université de Provence - Antenne d'Aubagne

<http://www.up.univ-mrs.fr/~wimgson/> (cf.

Friches de Marseille

Dir. : Philippe Foulquier

Accueil d'artistes / accueil d'industriels / archives de la Ville

<http://www.lafriche.org>

La puce à l'oreille

Jean Schmutz (réalisation de contrôles gestuels de la musique pour handicapés)

Nice

CIRM

Centre International de Recherche Musicale

Dir. : Michel Redolfi

Recherche musicale, design sonore, résidences pour compositeurs invités, concerts, festival Manca. Intérêt pour le multimédia : organisation de concerts en réseaux, depuis le concert transatlantique de 1992.

<http://www.imagnet.fr/MANCA/>

Grenoble

CRESSON

Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain

Ecole d'architecture - Dir. : Jean-François Augoyard

Prise en compte des aspects sonores dans l'architecture

Friche Bouchayer - Viallet

CNAC

Centre National d'Art Contemporain

Institut IMAG

Institut d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble

L'institut regroupe les recherches en informatique du pôle scientifique grenoblois - Dir : Jacques Voiron

INRIA Rhône-Alpes

Dir : Jean-Pierre Verjus

Toulouse

Université Toulouse le Mirail

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Anne Sauvageot & Jésus Aguila

DESS Initiatives culturelles et nouvelles technologies de la création

Université Paul Sabatier

Mario Borillo, Président de la Commission Culture de l'Université Paul Sabatier,

Borillo@irit.fr

Département Informatique des Images , des Sons et des textes

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Equipe de synthèse d'images : René Caubet

Animation, modélisation, rendu, réalité virtuelle, simulation d'acteurs autonomes, animation en temps réel pour le spectacle vivant; Collaboration avec une association artistique,

Animação;

Equipe Analyse des Medias et Interaction
Régine André-Obrecht, Philippe Lepain;
Indexation automatique des documents multimédias

Réseau "Recherche scientifique sur la création artistique"
Pôle Universitaire Européen de Toulouse
Michel Leglise, Mario Borillo, Anne Sauvageot
Rencontres et séminaires scientifiques, manifestations grand public

Bordeaux Musique

SCRIME

Université Bordeaux 1 /ENSERB / Conservatoire de musique
Myriam Desainte-Catherine & Christian Eloy
Liaison entre structures formelles et matériau musical

Angoulême

CNBDI

Centre National de la Bande Dessinée et de l'image
Image et Ordinateur (projet en redémarrage)
<http://www.giverny-art.com/ecoles/>

Rennes Image

Ecole d'Art de Rennes

Station des Arts Electroniques
Université de Rennes 2
<http://www.uhb.fr/culture/station/>

Rennes Musique

Univ. Rennes II - Département de Musique : Studio d'Informatique & Musicologie
Contemporaine
Resp : Pr Marie Claire Mussat
Olivier Meston : informatique musicale, musicologie ; Bernard Rétif

Caen

Université de Caen

Marc Chemiller - Informatique Musicale (Composition assistée)

Ecole des Beaux Arts de Caen
<http://www.unicaen.fr/collectivite/beaux-arts/erba/>

Strasbourg Image

LSIIT-IGG

Université Louis Pasteur - Laboratoire d'Informatique Graphique

Dominique Bechmann, Arash Habibi
<http://dpt-info.u-strasbg.fr/lsiit/>

ESAD

Ecole Supérieure des Arts Décoratifs
<http://www.esad-stg.org/>

Strasbourg Musique

Dept de Musique de l'Université

Musique du XXème siècle : Pr. Marta Grabocz

Primus (Enseignement de prise de son, acoustique des salles, recherche musicale) : Georges Bloch, Othon Schneider

Charleville-Mézières

Institut International de la Marionnette

Resp. Nouvelles technologies : Sally Jane Norman

E-mail norman@wanadoo.fr

Poitiers / Limoges

IRCOM-SIC

Laboratoire d'informatique graphique (Lienhardt - Meriaux)
(entouré du Futuroscope et du Centre des Arts)

<http://www.ircom.unilim.fr/>

Ecole Européenne Supérieure des Arts & Technologies de l'Image

Pierre Hénon

Valenciennes

SupInfoCom

Formation Image de Synthèse / Cinéma/Multimédia

Dir : Mme Anne-Marie Fontenier

<http://www.irisi-nordpasdecalais.org/>

Tourcoing

Le Fresnoy

Studio National des Arts Contemporains

Dir : Alain Fleischer

Etablissement public d'enseignement artistique

<http://www.le-fresnoy.tm.fr/>

Rouen Image et danse

INSA et Université de Rouen

Jean-Marc Matos & Patrick Callet

Image, Musique, Chorégraphie

<http://www.metafort.com/kdanse>,
<http://www.insa-rouen.fr/>

Rouen Musique

CIREM

Université de Rouen

Pierre-Albert Castanet, musicologie contemporaine
(Cahiers du CIREM)

Dijon

Université de Bourgogne

UFR Sciences Humaines, Dpt de musicologie

Martin Laliberté & Daniel Durney

Bourges Musique

GMEB

Groupe de Musique Expérimentale de Bourges

Institut International de Musique Eléctroacoustique de Bourges

Christian Clozier et Françoise Barrière

Depuis sa création il y a une trentaine d'années, le GMEB joue un grand rôle pour la diffusion et la création de la musique électroacoustique dans le milieu professionnel international. On lui doit la tenue annuelle d'un Festival (Synthèses) accompagné d'un concours réputé, la conception d'outils pour la diffusion et la pédagogie (Gmebaphone, Gmebogosse), l'organisation et la publication de débats entre professionnels, récemment formalisés sous forme d'une "Académie internationale de musique électroacoustique".

<http://www.GMEB.fr/>

Le Mans Musique

Laboratoire d'Acoustique

Université du Maine

Dir : Jean Kergomard

Acoustique des instruments de musique

Compiègne

UTC - Projet Art Science & Technologie

Université Technologique de Compiègne

Président : François Peccoud

Lyon

GRAME

Groupe de Recherche Appliquée à la Musique Électroacoustique

Scène Nationale du Ministère de la culture

Dir. : Pierre-Alain Jaffrenou et James Giraudon

Recherche : Yann Orlarey

Centre créé en 1982, avec pour mission de développer un pôle d'activités musicales alliant ensembles instrumentaux, techniques électroacoustiques et informatiques et intégrant la recherche scientifique comme une donnée fondamentale de la création artistique contemporaine.

<http://www.grame.fr/>

SONUS / CNSM

Prs. Denis Lorrain & Philippe Manoury

Enseignement de composition assistée par ordinateur

Région Ile de France Image

INA-image

Institut National de l'Audiovisuel

Bernard Stiegler (Direction de l'innovation)

Image : Marie-Luce Viaud - Jean-François Allouis

<http://www.ina.fr>

<http://www.mediaport.net/index.fr.html>

Institut Gaspard Monge

Université Marne-la-Vallée - Equipe d'informatique graphique

Didier Arquès, Sylvain Michelin, Eric Incerti

<http://www-igm.univ-mlv.fr/~pri/Themes/themes.html>

Le Métafort d'Aubervilliers

Aubervilliers

Dir : Pascal Santoni

<http://www.metafort.com/>

Institut International du Multimédia

Pôle Universitaire Leonard de Vinci

<http://www.devinci.fr>

Université Paris 8, Saint Denis

André Rouillé, Directeur du Dpt "Photographie/Multimédia",

UFR Arts, Esthétique et Philosophie, Université Paris 8

rouille.map@wanadoo.fr

Université Paris 8, Saint Denis

Jean-Louis Boissier, Dpt "Arts plastiques",

UFR Arts, Esthétique et Philosophie, Université Paris 8

Paris Image

FEMIS

Institut de Formation pour les Métiers de l'Image et du Son

Jean-Claude Carrière, Michel Fano

Image & son

ENSBA

Ecole Nationale Supérieure des Beaux Arts
Mastère Multimédia.
<http://www.ensba.fr/>
<http://www.culture.fr/ENSBA/ELEVES/FILES/virtual.html>

LRMF

Laboratoire de Recherche des Musées de France
Michel Menu
<http://www.culture.fr/>

CFT - Gobelins
Centre de Formation Technologique
Formation aux métiers de l'image

ENSCI
Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle
EPIC du Ministère de la Culture et de la Communication
<http://www.culture.fr/ensci/>

Région Ile de France Musique

CEMAMu
Centre d'Etudes de Mathématiques et d'Automatique Musicale
Créé en 1970 par Iannis Xenakis
Ingénieurs : Gérard Marino, Jean-Michel Raczinski
Issy-les-Moulineaux (hébergé par le CNET)
Son/Musique/Théorie

CICM
Centre de Recherche en Informatique et Création Musicale (CICM)
Université Paris 8 - Saint Denis
Horacio Vaggione, Vincent Lesbros, Vincent Tiffon

INA - Son
Bernard Stiegler : Direction de l'innovation
Denis Fortier : Direction du développement
<http://www.ina.fr>

Paris Musique

IRCAM
Institut de Recherche et de Coordination Acoustique-Musique
Dir : Laurent Bayle
Dir. artistique : Eric de Visscher ; Dir. pédagogie : Marie-Hélène Serra
Dir. scientifique : Hugues Vinet ; Chercheurs : G. Assayag, M. Battier, R. Caussé, S. MacAdams, X. Rodet, O. Warusfel...
Créé en 1975 par décret, l'IRCAM, association 1901 reconnue d'utilité publique, est un département du Centre Pompidou.. L'IRCAM, suscitée par Pierre Boulez dans les années 70, a réuni lors de sa création de grands noms de la musique contemporaine et de la recherche en nouvelles technologies. Elle est la seule structure de recherche en informatique musicale ayant

bénéficié d'un statut clair et d'un soutien fort et soutenu de la part de l'Etat. Elle est financée principalement par le Ministère de la Culture sur un budget spécial. Ses missions primordiales sont la création, la diffusion et la recherche musicale. Depuis ses débuts, l'IRCAM privilégie l'encadrement des compositeurs invités par des assistants musicaux formés aux nouvelles possibilités technologiques, ce qui facilite la planification des créations - mais non l'implication des compositeurs dans la recherche. L'IRCAM participe de façon importante à des activités pédagogiques, organisant son propre cursus pour les compositeurs, et hébergeant les DEA Musique et Musicologie du XXe siècle et Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique. Les recherches et les résultats de cet organisme sont très significatifs. L'IRCAM bénéficie de moyens importants et d'une spécificité juridique. Sa structure institutionnelle lui a permis de pérenniser les recherches. La création de l'IRCAM a provoqué un mouvement d'entraînement de la recherche musicale en France, avec bien sûr certaines disparités. On peut s'interroger sur l'absence de relations avec le département Sciences Pour l'Ingénieur du CNRS, alors que les activités de type SPI pèsent de plus en plus lourd, parfois au delà du domaine spécifiquement artistique.

<http://www.ircam.fr/>

INA-GRM

Groupe de Recherches Musicales

Dir : Daniel Teruggi

Emmanuel Favreau (électronique, ordinateur), François Delalande (analyse, perception)

Le GRM est l'héritier du Studio d'essai de la Radiodiffusion française, où Pierre Schaeffer a inventé la musique concrète et institué une recherche musicale. Il a été dirigé par François Bayle pendant environ trente ans. La production et la diffusion de musique électroacoustique (Cycle acousmatique) y sont les activités dominantes, mais il faut noter aussi la constitution d'une acousmathèque et la poursuite de recherches, qui ont donné lieu notamment à des outils musicaux comme le phonogène, le morphophone, l'acousmonium, le processeur audionumérique Syter, les logiciels 123 et GRM-Tools.

<http://www.ina.fr/GRM/>

LAM

Laboratoire d'Acoustique Musicale

Université Paris VI

UMR Paris 6 - CNRS - Ministère de la culture

Dir. : Michèle Castellengo

Acoustique instrumentale et pratique musicale

Espaces Nouveaux

Louis Dandrel

Design et environnement sonore

CRIME

Collectif de Recherche Instruments Modèles Ecritures

Président : André Riotte

ENST

Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications

Traitement du signal et modèles sonores

Antoine Chaigne, Denis Maignon

<http://www.sig.enst.fr/>

Université Paris 4 - Sorbonne
UFR Musique et musicologie
Musicologie contemporaine: J. Y. Bosseur, D. Cohen-Lévinas
Applications pédagogiques : Francis Rousseaux

Paris Danse
Centre National de la Danse

III Groupes susceptibles de collaborer sur réponses à des appels d'offre en A.S.T.

Aix/Marseille
Laboratoire d'astronomie spatiale de Marseille
Directeur : Roger Malina, Rédacteur en chef de Leonardo, Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology
<http://www.cyberworkers.com/Leonardo>

Ecole de Design de Toulon
Institut Européen
CCI du Var

UFR Lettres Arts Communication
Centre de recherche en sciences de la musique
Université de Provence - Bernard Vecchione

Grenoble
CNAC
Centre National d'Art Contemporain

Studio 134

Cinéma et musique expérimentale

CARGO

Gallota - danse

Laboratoire GRAVIR
Institut IMAG - Equipe iMAGIS
Synthèse d'images - Dir : Claude Puech
<http://www-imagis.imag.fr/>

Laboratoire TIMC
Traitement d'images - Jean Marc Chassery

<http://www-timc.imag.fr/>

Avignon

La Chartreuse

Villeneuve-les-Avignon

Dir: Daniel Girard, Président : Jacques Rigaud

Université d'Avignon

Président : Paul Meloni (Intelligence artificielle et parole)

Sophia-Antipolis

INRIA

I3S

Realize

Rennes Image

IRISA

Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires

B.Arnaldi - Projet SIAMSES - informatique graphique

<http://www.inria.fr/Equipes/SIAMES-fra.html>

Bordeaux Image

Traitement du signal et des images - Restauration

Le Mans

ITEMM

Institut Technologique Européen des Métiers de la Musique

Dir : M. Sinigaglia

Région Ile de France Musique

Ateliers UPIC

Unité Polyagogique et informatique du CEMAMU

Alfortville - Dir : Gérald Pape

Création, diffusion, formation musicale

Brigitte Robindoré, Sylviane Sapir

<mailto:100422.1771@compuserve.com>

Association ARCEMA

Université Paris Sud (Orsay)

Gérard Charbonneau & José-Luis Campana

Recherche et diffusion de musique contemporaine

Association Alpha-Centauri

Alain Desprès

Relation Art - Science avec l'université Paris Sud (Orsay).

La Muse en Circuit

Création et diffusion musicale - Gyorgy Kurtag

Institut National des Télécommunications (INT - Evry)

Musiques interactives & formation multimédia

Région Ile de France - Image

Institut Louis Lumière

Marne la Vallée

Lactamme

Ecole Polytechnique

Jean-François Colonna

<http://www.lactamme.polytechnique.fr/>

Paris Arts

Collège de France

Pôle Image Numérique

Marie-Françoise Clergeau

URA 1426 Esthétique des arts contemporains

Université Paris 1

Costin Miereanu

Edition de la Collection et des Cahiers Arts et Science de l'Art

Lyon Musique

GMVL

Groupe de Musiques Vivantes de Lyon

Dir : Bernard Fort

Paris Texte

ITEM

Institut des Textes et Manuscrits Modernes

UPR 7, CNRS, Paris

Almuth Grésillon, Louis Hay, Daniel Ferrer, Pierre-Marc de Biasi

Revue Genesis (Jean-Louis Lebrave)

Grenoble Musique et son

ICP

Institut de la Communication Parlée

Analyse & synthèse de la parole - Visage et parole

UFR Sciences Humaines

P. Tissot, C. Bellissant

Rhône-Alpes Musique

Collectif & Cie

Dir : Ph. Mœnne-Loccoz

Création - diffusion - recherche - liaison avec Genève (Rainer Böesch)

Rhône-Alpes Image

Laboratoire LISSE

Laboratoire des Images de Synthèse

Ecole des Mines de St Etienne

Dir : Bernard Peroche

Ecole d'Architecture de St.Etienne

Lyon Danse

Maison de la Danse - Lyon

Nancy / Metz

Ecole d'Art

Ecole d'Architecture

LORIA/CRIN

Centre de Recherche en Informatique de Nancy

Jean-Claude Paul - Informatique graphique

Studio Arsenal de Metz

René Bastian

Montbéliard

CICV Pierre Schaeffer

Centre International de Création Vidéo

Montbéliard - Belfort

<http://www.cicv.fr>

Lille

Département d'études musicales

Université de Lille - Sciences humaines

IV. Ressources diverses

Personnes ressources Musique

- André Riotte, président de la société française d'informatique musicale (SFIM), vice président de la société Française d'Analyse Musicale et rédacteur en chef de la revue Musurgia (analyse et pratique musicales), compositeur, mathématicien, a travaillé sur des modèles informatiques pour l'analyse musicale
- Sylviane Sapir a collaboré avec de nombreux compositeurs comme Luigi Nono ; a dirigé la conception et la mise en œuvre de la station de travail musical Mars à la société IRIS, (filiale de recherche de Bontempi)
- Jean Haury (claviers)
- Xavier Chabot (flûtiste, systèmes interactifs, San Diego/IRCAM) travaille actuellement en Californie dans une société de périphériques sonores numériques) - chabot@earthlink.net
- Bernard Bel (Intelligence artificielle, musique indienne, programme BOL) - Ingénieur - UMR Parole et langage - Université de Provence à partir de l'automne 1998
- Bertrand Merlier (Enseignement d'informatique musicale à l'Université de Lyon II)
- Olivier Delerue (DEA ATIAM/IA/Sony)
- Georges Jaroslav - Interface homme-machine - USA
- Jean Laroche/Jean-Marc Jot - EMU /Creative, Santa Cruz, CA, USA
- Marc-Pierre Verge - Derogis - Québec
- Francis Rousseaux (Paris IV - Pédagogie musicale et nouvelles technologies)
- Fabrice Guédy a réalisé un projet pédagogique intéressant à l'IRCAM : logiciel sonore avec applications grand public de bonne qualité
- Jérôme Joy (Villa Arson, Nice)., Site METAMUSIQUE de composition sur les réseaux, jj@cnap-villa.arson.fr
- Eric Incerti, thèse à l'ACROE sur la synthèse sonore par modèles physiques
- Anne Veitl : recherches sur la politique de la recherche musicale
- Studio son Audiolab d'informatique musicale, <http://www.cnap-villa-arson.fr/audiolab>

Personnes ressources Image

- Jean-Louis Boissier, <http://www.labart.univ-paris8.fr/>
Université Paris 8 - Plasticien, Organisateur d'exposition (Artifices, biennale internationale de la Ville de Saint Denis) et du cycle de conférences "Revue Virtuelle"
- Michel Bret, Université de Paris 8, <http://www.labart.univ-paris8.fr/>
- Monique Nahas, Université Paris 5, <http://virtuel.luap.jussieu.fr/>
- Hervé Huitric, Université Paris 5, <http://virtuel.luap.jussieu.fr/>
- Jean-Paul Balpe
Université Paris 8 - Traitement Informatique du langage
- Jean-Paul Longavesnes, Professeur à l'ENSAD
Peinture et sculpture sur réseau,
<http://www.ensad.fr/perso/profs/longavesne/>
- Norbert Hillaire, philosophe, enseignant à l'Université de Nice et à l'École des Beaux-Arts d'Aix-en-Provence

- Anne-Marie Duguet, Centre de recherches d'esthétique du cinéma et des arts audiovisuels, Paris I
- Florence de Méredieu, laboratoire d'esthétique et sciences de l'art, Paris I
- Christian Lavigne : sculpture numérique (avec Alexandre Vitkine)
<<http://www.stratocom.fr/intersculpt/>>
- Don Foresta, Laboratoire de Langage Electronique, Paris
- Philippe Quéau - UNESCO
- Pierre Musso, administrateur France Télécom
- Pierre Hénon, Poitiers
- Michel Menu, LRMF - Paris
- Paul Virilio, philosophe
- Maurice Benayoun, <http://panoramix.univ-paris1.fr/UFR04/benayoun>
 - François Dagognet, philosophe
 - Claude Faure, artiste
 - Louis Bec, artiste, inspecteur à la DAP
 - Derrick de Kerkove, directeur du MacLuhan Program, Toronto
 - Piotr Kowalski, artiste

Personnes ressources Musique - Image

- Jean-Baptiste Barrière & Maurice Benayoun (projet Sémaphore - Interface Arts/Sciences/Technologies (formation - recherche - création - diffusion). Ce projet envisage le rapprochement de l'image et du son dans les domaines de la diffusion, de la recherche et de la création. <http://panoramix.univ-paris1.fr/UFR04/benayoun>, barriere@ircam.fr et mbenayoun@csi.com
- Michel Fano (compositeur, cinéaste)
- Vincent Pujebet (multimédia)

Personnes ressources Danse

- Jean-Marc Matos <<http://www.metafort.com/kdanse>>
- Kitsou Dubois, chorégraphe, travaille en collaboration avec le laboratoire de physiologie neurosensorielle, Paris
- Evelyne Golomer
- Joël Borges, chorégraphe

Personnes ressources

- Carole Tafforin, dir. scientifique d'Ethospace, groupe de recherche et d'études en éthologie humaine et spatiale, CNES
- Bernard Stiegler, philosophe, département innovation de l'INA
- Pascal Amphoux - IREC, Lausanne

Industriels

- Hugues Genevois, Direction de la Musique et de la Danse (actuellement Direction du Théâtre, de la Musique et de la Danse), Ministère de la Culture, a effectué un repérage des industriels pouvant être concernés par les innovations sonores et musicales.
- Le Comité Richelieu, 98 avenue du Général Leclerc, 92100 Boulogne, regroupe deux cents PME de haute technologie.
- En région PACA, PROMES - Provence Micro-Electronic Systems - regroupe des dizaines de sociétés de haute technologie.

Organisations, sites WEB, manifestations

- Ministère de la Culture : mission de la recherche et de la technologie
Chef de la mission : Jean-Pierre Dalbéra
Présentation du réseau de la recherche
<http://www.culture.fr/culture/mrt/mrt.htm>
- IMAGINA - Forum des nouvelles images
Monte Carlo
<http://www.ina.fr/INA/Imagina>
- Centre de Documentation de la Musique Contemporaine (CDMC)
Directrice: Marianne Lyon
Cité de la Musique, 75019 Paris
- FAUST (Forum des Arts de l'Univers Scientifique et Technologique), Mairie de Toulouse, Francis Balagna, 34 rue Pagaminières, 31000 Toulouse
<http://www.faust.ascode.fr>
- Rencontres pour ouvrir le XXIème siècle, FAUST (Forum des Arts de l'Univers Scientifique et Technologique), Mario Borillo & Anne Sauvageot.
- Forum et Charte SOUILLAC
"Le Nouvel Espace de la Communication et de l'Innovation : Une charte pour les Arts et l'Industrie", <http://www.cicv.fr/CITOY/SOUILLAC/>,
Don Foresta (Laboratoire de Langage Electronique, Paris), Jonathan Barton (Information Society Observatory, LSE, UK)
- Station Arts Electroniques, Université de Rennes 2
<http://www.uhb.fr/culture/station/>
E-mail : station@uhb.fr
Cyborg station 02 99 63 27 11
(Rencontres Arts électroniques Rennes, Emmanuel Mahé, directeur artistique)
- Observatoire Leonardo des Arts et des Techno-Sciences (OLATS) (francophone)
<http://www.cyberworkers.com/leonardo>
E-mail : olats@cyberworkers.com
Nathalie Lafforgue, tél 01 42 41 77 51

- Festival MANCA, Nice (organisé par le CIRM, direction Michel Redolfi)
(musique d'avant-garde mais aussi multimédia et réseaux)
<http://www.imagnet.fr/manca>
- ADERIM - Association pour le Développement de l'Enseignement et de la Recherche en Informatique Musicale (Myriam Desainte-Catherine) : pilote les Journées d'Informatique Musicale - JIM - rencontre annuelle depuis 1994.
- Thélème contemporain (musique et informatique). Hélène Planel, 26740 Savasse
- Ars multimédia. Site avec galerie virtuelle
<http://www.ars-multimedia.org>

Sociétés savantes françaises

- AFIG : Association Française d'Informatique Graphique
- SFAM : Société Française d'Analyse Musicale
- SFIM : Société Française d'Informatique Musicale

Quelques centres étrangers

- Zentrum für Kunst und Medientechnologie (ZKM), Karlsruhe, Allemagne (accueil d'artistes, travail en art technologique, computer music et multimédia), <http://www.zkm.de>
- Kunsthochschule für Medien (KHM), Cologne, <http://www.khm.de>
- G.M.D. German National Research for Information Technology (Schloss Birlinghoven, D.-53754 Sankt-Augustin, près de Bonn). Un millier de chercheurs dont une vingtaine de chercheurs en sciences sociales, et des artistes invités.
- Centro di Sonologia Computazione, Dipartimento di Elettronica e Informatica dell'Università di Padova (en relation avec le Conservatoire Benedetto Marcello de Venise (Giovanni de Poli, Alvisé Vidolin)
- Audiovisual Institute of the Pompeu Fabra University, Barcelona (Xavier Serra)
- Centre for Advanced Inquiry on the Interactive Arts (Roy Ascott), University of Wales College, Newport, UK, <http://caiiamind.nsad.newport.ac.uk>
- Ars Electronica Center, Linz, Autriche Prix Ars Electronica : International Competition for Cyber Arts, <http://www.prixars.orf.at>
- ICC, Tokyo, <http://www.ntticc.or.jp>
- NTT Basic Research Labs, Kanagawa, Japon (Kenichiri Ishii, Naotoshi Osaka)
- Arts Technology Centre (ARTEC), London, UK., <http://www.artec.uk> (Formation et résidence d'artistes en art technologique, multimédia et nouvelles formes artistiques)
- Art and Design Centre, Computers in Teaching Initiative (CTIAD), Faculty of Art, Design and Humanities, Brighton, UK. Effort pour accroître l'usage de l'informatique dans l'éducation - notamment artistique - de haut niveau.
- California Institute of the Arts, Valencia, CA, USA
- Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Stanford University, Stanford, CA, USA <http://www-ccrma.stanford.edu/>
- Center for New Music and Audio Technology (CNMAT), University of California in Berkeley, CA, USA <http://www-cnmat.berkeley.edu/>
- Media Laboratory, M.I.T., Cambridge, MA, USA <http://www.media.mit.edu>

- Interval Research, Palo Alto, CA, USA
- The California Institute for the Arts, Valencia, CA, USQ
- The Banff Centre for Arts, Banff, Canada
- Centre for Image and Sound Research, Vancouver, Canada

Sociétés étrangères, manifestations

- Festival of Art, Technology and Society, Linz, Autriche
<http://www.aec.at/>
- London Festival of Moving Images
- European Media Art Festival, Osnabrück, Autriche
- ISEA, International Symposia on Electronic Art, en 1998 à Liverpool et à Manchester
- SIGGRAPH (Special Interest Group on Graphics, Association for Computing Machinery, USA), <http://www.siggraph.org/s98/conference/art/artsite.html>
- ICMC : International Computer Music Conference, organisée en principe une fois sur deux en Amérique, une fois sur deux en Europe ou en Asie sous l'égide de l'ICMA (International Computer Music Association, San Francisco)
- SEAMUS (Society for Electro-Acoustic Music in the United States)
- Festival international de la vidéo et des arts électroniques, Locarno (Forum des nouvelles images et de la culture émergente) (1998 : colloque : les défis d'Internet),
<http://www.tinet.ch/videoart>
- AIM (Italie)
- Swiss Computer Music Society
- Composer's Desktop Project (Royaume Uni)
(Arder Endrich, Andrew Bentley, Trevor Wishart, Richard Orton ...)
- ICMC/ICMA
- Réseaux (producteur d'évènements multimédia), Montréal, Canada
- <http://www.cam.org/-dim/rien/>
- Electronic Music Foundation (Joël Chadabe), <http://www.emf.org>

REPÉRAGE DES RESSOURCES - Musique électronique et informatique musicale

Historique, faits marquants et situation actuelle

Annie Luciani

I. Historique

La notion de recherche liée à la technologie en musique a deux ancrages d'origine qui sont :

- le développement de l'enregistrement et de la radiodiffusion, qui a permis un fort démarrage de la musique dite "électroacoustique",
- le développement des ordinateurs et du codage numérique, qui a permis la naissance de l'informatique musicale.

Le paysage se décrit bien par ces deux origines, ainsi que les concepts de recherche et les pratiques qui en découlent.

I.1. Origine "radiodiffusion et enregistrement"

Dans le premier cas, les centres de recherches parmi les plus significatifs ont été liés aux centres de radiodiffusion (GRM de la RTF en France, studio de Cologne de K. Stockhausen...). Les autres centres sont nés de l'essaimage à partir de ceux-ci, avec comme technologie centrale l'enregistrement et le traitement du son. Leurs lieux d'attache étaient et sont préférentiellement les centres de diffusion : maisons de la culture, centres d'art équipés de studios et de salles de diffusion, conservatoires (GMEB, GMEM en France...).

Dans ces centres, des développements technologiques ont été effectués sous la demande des compositeurs (phonogène, Acousmonium, Gmebaphone, audio-processeur SYTER, puis logiciels comme GRM-Tools en France, Springer, klangumwandler en Allemagne...), mais l'activité dominante est la production de musique électroacoustique, sous le sigle "musique expérimentale".

I.2. Origine "Informatique"

La recherche en informatique musicale dans le monde, née dans des laboratoires, est à l'origine très liée à la recherche scientifique et au développement technologique, qu'il s'agisse de laboratoires privés ou de laboratoires de type universitaires. On doit citer l'Université de l'Illinois (Hiller et Isaacson), la Bell Telephone (Pierce, Mathews, Risset), l'Université de Columbia-Princeton (Winham, Howe), l'Université Stanford (Chowning), le laboratoire de J. Sundberg à Stockholm, le laboratoire de la communication parlée à Grenoble (Cadoz)...

Souvent, ces laboratoires ont hébergé l'informatique musicale à sa naissance en raison de l'intérêt personnel d'un directeur pour cette discipline naissante. La situation n'était alors pas fondamentalement différente dans les différents pays les plus actifs.

I.3. Diversification

La situation se diversifie ensuite en trois styles :

- des centres importants ou à politique forte :

- CEMAMU, créé par Iannis Xenakis avec l'aide de la Fondation Gulbenkian et du CNET.
- CCRMA, fondé dans le cadre de l'Université Stanford par J. Chowning, compositeur, avec l'aide de contrats de recherche et de revenus de licences privées.
- IRCAM, une institution importante créée grâce au prestige et partant au poids politique du compositeur et chef d'orchestre Pierre Boulez : c'est un département du CNAC Georges Pompidou, mais avec un statut de droit privé.
- ACROE, association créée par 3 ingénieurs de l'Institut national Polytechnique de Grenoble et financée principalement par la Direction de la Musique du Ministère de la Culture.
- EMS, studio informatisé financé par l'Etat suédois.

- la poursuite des activités en laboratoires scientifiques publics :

- Informatique Musicale à Marseille :
Laboratoire du Centre Universitaire de Luminy, puis équipe du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS (Jean-Claude Risset)

• la réorientation de l'activité, dans les studios liés à la radiodiffusion ou aux centres d'arts ou de diffusion, vers la création contemporaine, la production et la diffusion.

I.4. Paysage actuel

Le paysage est aujourd'hui le suivant :

• De gros centres autonomes peu liés à l'université, à politique centralisatrice d'une activité culturelle intégrant la création contemporaine :

- Banff (Canada),
- ZKM (Allemagne)...

Ces centres sont lourdement équipés et participent plus ou moins activement aux développements technologiques dont ils ont besoin et que le marché ne leur fournit pas encore.

• Des centres (studios) de taille petite (1 à 2 personnes) ou moyenne (10 à 15 personnes) non liés à l'université.

Ces centres sont soit autonomes soit liés à des écoles d'arts, des Conservatoires ou des centres de diffusion.

- En France : GRM, CIRM, Espaces Nouveaux, Grame, SONUS.. ;
- A l'étranger : Aarhus, Den Haag...

Il s'y fait de la production expérimentale plus que de la recherche, ce qui se traduit par le fait qu'il n'y a pas d'accueil de thésards.

• Des petits et nombreux laboratoires universitaires, (Grande Bretagne, Australie, Canada, USA...) dans lesquels 1 professeur (souvent côté SHS, en fac de Musique) entouré d'une petite équipe de 1 à 3 personnes développent de petits projets en Electronic Music utilisant l'informatique. Les autres personnes sont soit compositeurs (avec charge d'enseignement, parfois orientée informatique) soit des étudiants (stages, PhD.) en Musique ou Sciences dures. La plupart du temps, l'informatique musicale est davantage un terrain d'application qu'un programme de recherche en soi. Dans ce type de structure, il n'y a pas vraiment de notion d'équipe ni de projet. C'est plutôt 1 personne = 1 projet. L'activité, outre la production expérimentale, consiste souvent à intégrer, transformer et réutiliser des techniques développées ailleurs. Peu de ces groupes ont de vrais programmes de recherche.

Un exemple typique est la situation dans les Universités Canadiennes :

- EMS- McGill : Bruce Pennycook
- Univ. de Montréal : Jean Piché
- Simon Fraser University, Vancouver : Barry Truax
- New York University: Robert Rowe
- University of East Anglia: D. Smalley

Cette formule ne se trouve quasiment pas en France l'heure actuelle.

• Des laboratoires ou équipes universitaires et assimilées, de taille moyenne ou grande, qui mènent une activité de recherche et/ou de création significative :

- Media Lab du MIT,
- Princeton University (P.Lansky, P.Cook),
- Columbia University (B. Garton, F. Lerdahl),
- Dartmouth College (J. Appleton) aux USA,
- Université Pompeu Fabra (X. Serra), Barcelone

- Equipe d'informatique musicale du LMA à Marseille

• Des centres en relation plus ou moins explicite avec l'université :

- CCRMA (USA),
- CNMAT (USA),
- IRCAM (France),
- ACROE (France).

Ces centres cherchent à mener de front la recherche et/ou l'innovation technologique et de la création contemporaine avec ces outils, avec des poids différents selon l'histoire, le programme, le pays. Ces centres ont été et sont encore acteurs (enseignants) de l'université (ex : Rodet, Caussé, Depalle, Cadoz, Luciani en France...). Ils ont une activité importante de publication scientifique et pourraient très bien, de part la nature et la qualité de leurs travaux et la manière de travailler, être reconnus comme unités externes associées au département SPI-CNRS (URA, UMR...).

II. Quelques situations relatives importantes et deux premières conclusions

II.1. Une première observation

Les petits laboratoires ou de petits studios de production et de diffusion ont souvent peu d'incidence scientifique, artistique ou économique directe (à part quelques exceptions). Cette poussière de centres joue cependant un rôle important de milieu d'essaimage et de diffusion technique et culturelle, "d'acceptation culturelle".

Ce sont surtout les centres de taille substantielle ou à programme fort qui ont une réelle incidence sur l'un des domaines scientifique, artistique ou économique.

Exemples

Synthèse additive : Bell Telephone, LMA, IRCAM,

Modèles physiques et retour d'effort : ACROE

Modulation de fréquence : CCRMA, Yamaha

Parmi ceux-ci, les problèmes vécus quotidiennement et qui freinent le développement de cette incidence sont complémentaires mais souvent graves. Le paragraphe suivant présente les points forts et les points faibles des centres les plus importants en informatique musicale.

II.2. Comparaison de quelques situations importantes :

L'IRCAM

L'IRCAM (Institut de Recherche et de Coordination Acoustique Musique), créé par Pierre Boulez et dirigé par Laurent Bayle, est l'un des plus grands centres mondiaux, et a une position unique dans le domaine. Bien que bon nombre de ses pratiques et de sa production relèvent des critères pratiqués par les institutions scientifiques publiques, il est moins lié aux institutions scientifiques publiques que l'équipe Informatique Musicale du LMA de Marseille, l'ACROE, le Média Lab et le CCRMA. L'IRCAM produit des concepts, de la technologie, de la formation et de la musique.

- > *très forte incidence scientifique et artistique*
- > *incidence économique moyenne*

D'autre part, une préoccupation constante et essentielle est le tiraillement entre recherche et production musicale : un poids très fort y est attribué à l'objectif de production musicale, au détriment d'une recherche musicale impliquant les compositeurs ; la recherche est très orientée vers le secteur des Sciences de l'Ingénieur, avec un souci de contrats industriels et d'une valorisation pouvant déborder le domaine de la création contemporaine.

L'IRCAM est un institut très actif et efficace : outre la recherche et la pédagogie, cet institut joue un rôle essentiel dans la production et la diffusion d'œuvres recourant aux nouvelles technologies. Il est exceptionnellement bien doté. Revers de la médaille, il lui faut justifier publiquement cette dotation : il y a obligation de résultats, nécessité de produire des œuvres et également de présenter publiquement des recherches. Or la pression publique peut être préjudiciable à certaines investigations : l'assimilation de moyens nouveaux de création demande du temps, et les œuvres les plus novatrices peuvent échapper à l'attention à raison même de leur nouveauté ; certaines recherches exigent le long terme et ne se jugent pas à l'applaudimètre.

Aussi, en dépit de sa taille et de ses succès, on ne peut considérer que l'IRCAM puisse répondre à lui-seul à l'ensemble des besoins de la recherche musicale : il est essentiel de diversifier les contextes de recherche.

Le CCRMA

Le CCRMA (Center for Computer Research in Music and Acoustics) est la formule nord-américaine type en ce sens qu'il a été créé à l'initiative d'une personne, qu'il est intégré à l'université et qu'il dépend depuis l'origine de contrats de recherche et de fonds privés. Le centre, dirigé par Chris Chafe, comporte très peu de permanents mais un grand nombre d'utilisateurs, compositeurs et/ou chercheurs. La formation doctorale concerne notamment la composition musicale et les synergies entre art et nouvelles technologies. Un certain nombre d'associés industriels, surtout américains et japonais, contribuent au financement. Plusieurs diplômés et chercheurs du CCRMA travaillent à temps plein ou partiel dans une entreprise (NeXT, Interval, Staccato, Apple...)

- > *forte incidence économique et artistique,*
- > *incidence scientifique moyenne actuellement*

Un fait important à noter :

Le centre a été créé à partir du brevet "synthèse par modulation de fréquence", procédé inventé par John Chowning, compositeur, et acheté par Yamaha. Ce brevet a été exploité par Yamaha seulement 10 ans après son achat à J. Chowning. Il est à la base de la machine DX7, qui a bénéficié aussi du travail sur la synthèse effectué à CCRMA. La sortie du DX7 (1983) a conduit à l'effondrement de l'industrie mondiale et surtout européenne du synthétiseur. En Europe, seul Bontempi a encore un secteur Recherche et Développement dans ce domaine (le groupe IRIS, près de Rome).

Le Media Laboratory du MIT - USA

Le MIT ("Massachusetts Institute of Technology") développe un programme intitulé "Media Arts and Science" qui comprend un laboratoire de recherche, le Media Laboratory, et un programme éducatif. (Il faut noter les ressources considérables du MIT, qui ne comporte pas moins de quatorze enseignants permanents en musique).

Le programme éducatif s'étend sur 3 niveaux :

- un programme doctoral (doctor of philosophy in media arts and sciences),
- un programme "master of science,
- un programme "undergraduate studies".

Ce programme forme sur toute la panoplie des thèmes et des niveaux en arts et sciences liées aux technologies contemporaines. Les thèmes d'intervention sont très larges : Perception, apprentissage, informatique, musique, cinéma, jeux, graphique, communications, physique, gestes et langages... et relèvent d'une façon générale de l'application des nouvelles technologies aux arts, aux loisirs et à la vie quotidienne.

Ces thèmes font l'objet de projets de recherche du Media Lab. Créé et dirigé par N. Negroponte à la suite de l'Architecture Machine Group du MIT, entouré entre autres, de chercheurs comme A. Pentland, J. Jacobson, M. Minsky, S. Papert, M. Hawley ou de musiciens comme B. Vercoe et T. Machover, le Media Lab est un très gros laboratoire interdisciplinaire. Même si les étudiants de Vercoe font des recherches pointues en informatique musicale, le Media Lab couvre un domaine bien plus vaste. On peut remarquer qu'il reprend l'interdisciplinarité développée dans le laboratoire de Max Mathews à la AT&T Bell Telephone dans les années 60-80.

Cette interdisciplinarité (technologies, sciences de l'information et de la communication, aspects humains perceptuels et sociaux) est également une des bases du laboratoire ATR au Japon.

Il bénéficie d'un soutien privé important avec une centaine de sponsors internationaux parmi lesquels : Microsoft, Lego, Yamaha, Siemens, Nike, Seiko, Motorola, Ericson, FranceTelecom... Parmi les applications industrielles, il faut citer les outils de robotique développés dans l'équipe de Papert (pédagogid, Logo) et fabriqués commercialement par Lego.

L'équipe Informatique Musicale du LMA à Marseille

Cette équipe, dirigée par J.C. Risset, est très liée à la recherche scientifique (laboratoire propre du CNRS). Il y est mené une activité de recherche scientifique et aussi de création (activité revendiquée comme test de la pertinence des recherches). Du côté de la recherche scientifique, s'y effectue surtout une activité du type SPI (connaissance des processus de synthèse, analyse-synthèse-transformation par ondelettes et Gabor, études acoustiques) mais aussi des études sur la perception des sons musicaux (illusions auditives). Actuellement l'équipe comprend deux opérations de recherche (OR): l'OR Informatique musicale vise directement la création musicale; l'OR Modélisation s'oriente vers des recherches appliquées à la lutherie et à d'autres secteurs non artistiques.

-> forte incidence scientifique et artistique

-> faible incidence économique

Par ailleurs, l'équipe a des difficultés, institutionnellement, à maintenir la recherche artistique comme objectif de son travail, le poids des objectifs et méthodes en mécanique et en psychophysique générale étant très fort.

L'ACROE

L'ACROE est un centre de taille moyenne au programme très homogène, très lié à la recherche scientifique publique, mais à financement majoritairement "culture".

- > *très forte incidence scientifique,*
- > *faible incidence économique et artistique,*

Le succès de l'ACROE dans le domaine des réalités virtuelles, la robotique et le multisensoriel suscite des demandes du milieu scientifique. Là encore, un problème essentiel et quotidien est le tiraillement entre recherche et production artistique, avec un très fort poids de l'objectif de production scientifique, poids délicat à justifier compte tenu des financements majoritairement "culture".

Récemment une activité artistique en liaison avec des artistes du ZKM Karlsruhe tend à rééquilibrer les aspects scientifiques, techniques et artistiques..

Une des spécificités de l'ACROE est qu'il est le seul centre de recherche français qui mène de front depuis sa création une recherche musicale et une recherche en arts visuels et en cinéma.

II.3. Une deuxième observation

La France se caractérise par :

- le peu de petits laboratoires universitaires et assimilés
- l'absence totale de financements privés
- le non-recouvrement entre l'activité principale des centres en recherche et/ou en création et les missions principales de leurs tutelles directes.

III. Liens avec le secteur économique

Mis à part les matériels et procédés d'enregistrement, qui ont naturellement suivi l'évolution du numérique, deux ruptures ont marqué l'évolution de la synthèse musicale :

- la première est le bouleversement du marché des synthétiseurs au lancement du DX7 en 1982 par Yamaha,
- la seconde est l'apparition du "home studio" autour des ordinateurs personnels et le large développement des logiciels d'édition et de traitement de sons.

Actuellement, l'usage croissant des réseaux va sans doute introduire des modifications dans les pratiques musicales avec les logiciels en freeware et shareware et les prestations de services sonores à distance.

III.1. L'industrie des synthétiseurs

Après le développement des premiers algorithmes de synthèse de sons par blocs fonctionnels modulaires, avec comme pionniers les programmes MUSIC IV développé par Max Mathews à la Bell Telephone et largement diffusés par Howe, Risset, Chowning et surtout Vercoe, l'industrie des synthétiseurs a démarré avec deux types d'équipements : les équipements basés sur la synthèse et offrant des possibilités de programmation des sons comme le Synclavier, et les équipements se situant en continuité avec les orgues électroniques comme le synthétiseur MOOG.

Après l'amorçage du marché et cependant avant qu'il ait pris suffisamment d'ampleur, Yamaha lance la gamme des synthétiseurs DX7. La stratégie de Yamaha et son succès avec le DX7, qui a considérablement dépassé ses prévisions, est importante à analyser.

Le principe des synthétiseurs DX7 est celui de la synthèse de sons par modulation de fréquence développé par le compositeur John Chowning, une dizaine d'années avant le lancement sur le marché du DX7. Ce procédé offrait la qualité de produire des sons au spectre très riche avec très peu d'éléments, et surtout il a bénéficié des recherches de Chowning, qui a mis au point des recettes de synthèse d'une qualité exceptionnelle, en caractérisant l'évolution interne du son et aussi la variation des paramètres suivant le registre et l'intensité - ce qui a pu être programmé "par règles" sur le DX7. La stratégie initiale de Yamaha a été de fournir une gamme de synthétiseurs. Le DX7 était le milieu de la gamme DX produisant des sons d'une certaine richesse et utilisable en mode préprogrammé ("timbres d'usine"), et se présentant physiquement comme orgue compact avec un clavier, une bande de sélection de commandes et des cassettes interchangeables, le tout dans un encombrement réduit, transportable et posable sur une table. Le développement de la gamme s'effectuait ensuite selon le concept de l'informatique (présente dans le Synclavier) avec un micro-ordinateur incorporé et un écran de dialogue qui devait permettre de construire par programmation ses propres instruments. Le haut de gamme était un matériel informatique assez perfectionné disposant de toutes les fonctionnalités d'un PC actuel et qui pouvait atteindre 10 fois le prix de l'équipement de base DX7 (150 000 Frs).

Les autres équipements de la gamme ont eu moins de succès. Le DX7 a mieux réussi : il se présentait comme un compromis entre le synthétiseur et l'orgue électronique. En effet :

- comparé aux autres synthétiseurs, il permettait d'obtenir des sons plus riches avec moins de manipulation et plus rapidement,
- comparé aux orgues électroniques, il en avait la fonctionnalité (absence de programmation complexe) tout en gagnant en compacité et en transportabilité.

-> En profitant de l'accélération du marché des synthétiseurs et des orgues électroniques, le DX7 a détruit l'industrie européenne et a affaibli l'industrie mondiale des orgues électroniques et des synthétiseurs.

-> Il a d'autre part lancé un nouveau concept, celui des "Master Keyboards", qui pénètre la grande majorité de l'industrie de la synthèse numérique du son.

-> Il a d'autre part affaibli la création musicale numérique, pourtant en plein essor après le développement des recherches technologiques et musicales, en bloquant l'émergence de machines commerciales plus ouvertes en matière de commande de sons, plus génériques en

matière d'algorithmes et de relation avec d'autres procédés de synthèse et de meilleur niveau (polyphonie en particulier)...

On notera cependant que le DX7 pouvait être programmé par les utilisateurs à la recherche de timbres et d'effets personnels: un cours d'été en 1986 au CCRMA de Stanford a montré que les compositeurs intéressés pouvaient apprendre cette ressource... qui n'a pas assez duré (le DX7 a été retiré des catalogues avant 1990).

La période de l'"après DX7" se caractérise par une activité résiduelle (de résistance) selon deux axes :

- l'une visant à satisfaire la demande en création musicale non servie par le DX7 avec
 - le développement volontariste en France de la machine SYTER de l'INA-GRM par la société Digilog, calculateur puissant et générique pour la synthèse de sons
 - le développement également volontariste de la gamme 4X à l'IRCAM, série de processeurs également puissants pour la synthèse de sons en temps réel avec une tentative de commercialisation par Sogitec, qui s'est soldée par un échec,
- l'autre à se maintenir ou à développer le marché "grand public" avec :
 - le maintien sur le marché de la société Bontempi sur le créneau très bas de gamme (circuits sonores intégrés dans les jouets).

Il faut noter que l'antenne de recherche IRIS, dirigé par Di Giugno, a réalisé des circuits intégrés à partir desquels a été développée une station de travail remarquable, MARS (Sylviane Sapir, Emmanuel Favreau). Cette station, qui n'a pas été véritablement commercialisée, a servi de bancs d'essai pour les puces Bontempi, mais aussi d'outil de création et de pédagogie (usage à l'INA-GRM et pour la partie électroacoustique du Prometeo de Luigi Nono).

- un balbutiement dans la création de petites sociétés (Digigramme en France) s'orientant vers la fabrication de cartes de synthèse bon marché.

III.2. L'industrie du logiciel, Home studio et PC

Malgré les avancées dans les laboratoires de recherche, l'industrie du logiciel pour la synthèse et le traitement de sons musicaux ne s'est réellement accélérée qu'à partir du développement des ordinateurs personnels, ou plus généralement des machines informatiques d'une accessibilité raisonnable pour une personne ou un petit groupe de personnes (la machine PDP10 de l'IRCAM en 1975 était encore une machine centrale importante, et la gamme des "mini-ordinateurs" PDP11 est restée coûteuse à l'achat et la maintenance).

Ce fut d'ailleurs sur ce point que la gamme DX de Yamaha a échoué, probablement pour un écart de une ou deux années, le développement du haut de gamme ayant été prévu pour le développement ultérieur des logiciels. On peut remarquer que l'apparition du MacIntosh et de la souris est simultanée de la sortie du DX7. Il a donc fallu attendre l'élargissement de l'utilisation des PC (2 ans environ) à l'utilisation musicale.

Les logiciels qui se sont alors développés sont :

- des logiciels de traitement de sons,
- des logiciels de montage numériques,
- des logiciels d'éditeurs de partitions.

Ils sont très répandus et utilisés et l'industrie est florissante. La liste est difficile à dresser. Cette production suit dans ses grandes lignes le développement de l'industrie des logiciels applicatifs. Tout d'abord gérés par des sociétés ou des centres assez importants, ils se développent de plus en plus à partir d'initiatives plus ou moins individuelles selon la technologie actuelle des "plugs-in" sur des systèmes d'exploitation réceptacles.

- Il existe quelques logiciels de synthèse de bonne qualité commercialisés ou disponibles en freeware ou shareware: CSOUND, SuperCollider, Max-MSP.
- Il existe encore moins d'outils de création musicale offrant un environnement de création communicant, convivial et complet et de qualité. Ceux-ci restent encore produits de laboratoire et sont utilisés par les artistes en résidence dans les studios qui les ont développés.

III.3. Le cas original et nouveau de Interval Research

Le groupe Interval Research de Palo Alto présente une situation originale qui se fonde sur une analyse de l'échec de XEROX PARC (Xerox Palo Alto Research Center), qui s'est vu souffler ses innovations (souris, fenêtres) par Steve JOBS, fondateur de Apple et concepteur du Macintosh. Xerox PARC a eu une activité d'innovation considérable sur les nouveaux concepts d'interactivité. Il a réellement été le fondateur de ces nouveaux concepts, mais Xerox n'a pas poursuivi leur développement, préférant rester sur ses créneaux d'origine des photocopieurs et étant sceptique vis-à-vis des ordinateurs personnels.

L'analyse de Interval Research se base alors sur trois constats :

- seuls les gros groupes privés peuvent mener une recherche innovante à long terme,
- mais ils n'ont pas les moyens de la valoriser;
- les groupes publics font de la recherche à long terme mais ne peuvent pas la protéger.

Interval Research est un groupe entièrement financé par des fonds privés sans actionnaires :

- qui rassemble ingénieurs, chercheurs de différentes disciplines (électronique, informatique, physique, sociologie, psychoacoustique, ethnomusicologie) et artistes ;
- dont la mission est la recherche à long terme ;
- qui ne divulgue pas ses recherches ;
- qui lance des sociétés "Start up", dont il est clairement prédit que beaucoup peuvent échouer, mais que celles qui n'échoueront pas devraient être vite cotées en bourse ;
- il est prévu que les recettes de ces dernières, en cas de réussite, sont réinvesties pour poursuivre la recherche à long terme.

<http://www.interval.com>

IV. Liens avec le secteur universitaire et la recherche publique :

IV.1. A l'étranger

La nature du lien avec le secteur universitaire et la recherche publique à l'étranger (Grande Bretagne, Australie, Canada, USA) a été décrite ci-dessus. Une liste significative des centres

académiques ainsi que des organisations est donnée dans le document "Repérage des ressources - Listes des centres, organismes et manifestations en Informatique musicale".

Elle met en évidence l'existence à l'étranger d'une centaine de centres de recherche significatifs, de l'ordre d'une vingtaine d'organisations regroupant les chercheurs et les centres, d'une dizaine de manifestations et conférences de recherche en Informatique musicale.

L'association internationale ICMA compte environ 800 membres, pour l'essentiel d'appartenance académique dont :

- 350 environ aux USA
- 60 environ au Japon
- 60 environ en Grande Bretagne
- 60 environ en Italie
- 50 environ au France
- 30 environ en Australie
- 30 environ au Brésil
- 30 environ en Allemagne

IV.2. En France

En France, la situation peut être décrite en trois phases :

Première phase :

Naissance dans les laboratoires (Orsay, Vincennes, Grenoble, Marseille) et dans des institutions musicales (GRM, CEMAMU...) entre 1970 et 1975, caractéristique d'une phase pionnière :-

> Individus peu nombreux très motivés, vocations fortes...

Deuxième phase (à partir de 1975)

Basculement coté Culture avec :

- la création d'une mission de la recherche et d'un conseil de la recherche et l'attribution d'une enveloppe recherche au secrétariat d'Etat à la culture par Michel d'Ornano, Ministre de l'industrie et Michel Guy, Secrétaire d'Etat à la culture, le 11 mai 1976.
- la création de centres de recherche (IRCAM, ACROE) et reconnaissance des centres existants (CEMAMU, GMEB...)
- la formalisation de la notion de recherche musicale (colloque IRCAM, "le concept de recherche en musique", 1983)
- le soutien à un ensemble de petits centres (Auch, Vierzon....) (jusqu'à une vingtaine de centres en 1985)

-> Conduit à un enracinement des vocations et des programmes

Troisième phase : actuelle après 1985

Un essaimage ou des germes de naissance de petites activités de type anglo-saxon dans les

laboratoires : activité marginale dans l'équipe ou le laboratoire, sans programme fort, une personne avec 1 ou 2 étudiants : (Bordeaux, LIP6-Paris...)

Les raisons de cette troisième phase peuvent être :

- un plafonnement des financements côté culture
- une difficulté conséquente à intégrer les gens formés (personnes de troisième génération) et à leur donner un avenir en terme d'activité et de métier
- un phénomène de diffusion par les personnes et les machines musicales (vulgarisation et banalisation)
- des phénomènes technologiques nouveaux : le développement de la "sensorialité des ordinateurs" (Réalités virtuelles, multimédia...)
- une disponibilité plus grande des machines de recherche des laboratoires et la démocratisation des machines accessibles à de petites équipes

Une nouvelle question : celle de la "table rase", et d'un noviciat

Les connaissances *de base* développées et acquises dans les périodes précédentes ne sont pas nécessairement connues :

-> *vers un nouvel empirisme numérique*

-> *vers une perte de mémoire des développements antérieurs*

Ainsi, de nombreuses personnes intéressées par l'informatique musicale n'ont pu travailler dans ce domaine ; elles se sont tournées par nécessité vers des secteurs plus conventionnels (enseignement de l'informatique, enseignement de l'art, entreprises du son et de l'image...). Mais elles forment une ressource potentielle qui n'est pas exploitée. Ceci est d'autant plus regrettable que l'absence de cette génération provoque une situation de rupture présentant les dangers d'un néo-noviciat dans les générations actuelles très attirées par les incidences culturelles, médiatiques et artistiques des nouvelles technologies, néo-noviciat favorisé par leur habileté et leur versatilité).

V. Liens avec la formation :

V.1. A l'étranger

Davantage de doctorants et de thèses passées sur la musique électronique mais dans les départements SHS correspondants des universités. Proportionnellement, moins de doctorants en sciences "dures" qu'en France.

V.2. En France

- Création d'un CA d'électroacoustique
- Ouverture de classes d'électroacoustique dans les Conservatoires et les Ecoles de musique
- Peu de formation universitaire (DEUG, Licence, maîtrise)
- Deux formations doctorales
DEA Musicologie du XX^{ème} siècle
DEA ATIAM (Acoustique et Traitement du signal et Informatique Appliqués à la Musique)
- Pas de DESS

VI. L'informatique musicale par rapport aux sciences physiques et mathématiques autres que l'électronique et l'informatique (mécanique, acoustique, mathématique...) :

Il s'agit essentiellement de l'Acoustique. Celle-ci se préoccupe essentiellement d'analyse et les problématiques de synthèse de sons, de création musicale ou même de perception, y sont marginales.

En France, le L.A.M. (Laboratoire d'Acoustique Musicale de l'Université Paris VI, fondé par Emile Leipp et actuellement dirigé par Michèle Castellengo) est la seule Unité Mixte faisant intervenir le Ministère de la Culture reconnue par le département SPI : son activité n'est pas centrée sur l'informatique musicale.

-> C'est donc essentiellement l'informatique musicale (musique électronique au sens large) et les groupes qui s'en réclament qui ont des difficultés de reconnaissance par les institutions scientifiques conventionnelles en sciences dures.

VII. Historique des institutions eu égard au secteur AST

VII.1. Ministère de la Culture

La politique de recherche au Ministère de la Culture a fait l'objet d'un ensemble de textes et de rapports parmi lesquels il faut signaler ici à titre non exhaustif :

- le décret de création d'une mission de la recherche et d'un conseil de la recherche au secrétariat d'Etat à la culture en 1976 ;
- les Assises de la recherche en 1980 ;
- le rapport Menger en 1987 ;
- les assises de la recherche en 1996.

Le site WEB du Ministère de la Culture et de la communication (<http://www.culture.fr/>, et pour le réseau de la recherche <http://www.culture.fr/culture/mrt/mrt.htm>) dresse l'état des centres et des thèmes de recherche soutenus par ce Ministère, ainsi que divers documents produits par des groupes de travail.

Un autre texte analyse la politique de recherche musicale de l'Etat en France. Il s'agit de la thèse de Anne Veitl "Politiques de la musique contemporaine : le compositeur, la recherche musicale et l'Etat en France de 1958 à 1991" publiée chez l'Harmattan en 1997.

Au Ministère de la Culture, la recherche en Informatique musicale peut s'analyser en trois phases successives :

- la mise en place d'une politique de recherche avec la création de l'IRCAM et le soutien de plusieurs centres en 1975 ;
- la création d'un conseil de la recherche au secrétariat d'Etat à la culture par Michel d'Ornano, Ministre de l'industrie et le secrétaire d'Etat à la culture M. Michel Guy, le 11 mai 1976 ;
- le rapport Menger, commandité par le DEP (Département des études et de la prospective) intitulé "L'art entre science et technique : le cas de la recherche musicale", en 1987 ;
- la mise en place d'un accord - cadre avec l'ANVAR puis le lancement d'une politique des industries culturelles.

La création d'une activité de recherche musicale simultanément à la création de l'IRCAM et renforcé par la création du conseil de la recherche s'est concrétisée jusque qu'en 1987 :

- par la reconnaissance par le Ministre de la Culture de centres de recherches existants (CEMAMU, GMEB...);
- par la création d'une vingtaine de centres nouveaux (ACROE, GRAME, Auch, MIM, GMEM....) d'ambition et de problématiques différentes;
- par la création de postes d'ingénieurs de recherche affectés à la recherche musicale (aux cotés des postes d'ingénieurs de recherche affectés au patrimoine).

Le domaine ouvert par la création de l'IRCAM et la diffusion du programme MusicV s'est ouvert sur le public avec de nombreux séminaires parmi lesquels il faut citer :

- le colloque "le concept de recherche en musique" par l'IRCAM - 1981
- le colloque sur le Timbre par l'IRCAM - 1985
- le colloque "Modèles physiques, création musicale et ordinateur" par l'ACROE - 1990 ainsi que de nombreuses journées et concerts organisés par les groupes de recherche.

Le GMEB, devenu récemment Institut International de Musique Electroacoustique de Bourges, a par ses concours dynamisé la création de musique électroacoustique ; il a aussi permis de nombreuses discussions approfondies entre professionnels du monde entier.

L'association CPRIM s'est créée, dans l'objectif de regrouper les acteurs français en Informatique musicale qui s'étaient retrouvés aux JIM ("Journées d'Informatique Musicale").

Le rapport Menger a mis un frein à cette exubérance et à cette richesse. Ce rapport critique la recherche musicale sans vraiment l'analyser. Il ne tient pas compte de la complexité de la situation naissante, et en particulier de la difficulté de définir le terme de recherche musicale (difficulté liée à sa richesse, que le colloque IRCAM a bien mis en évidence). Il conclut que la musique contemporaine et la technologie sont utilisées l'une comme prétexte de l'autre pour exploiter les ressources publiques, et il défend une conception de la création musicale assez conventionnelle. Il argumente souvent par des citations d'entretiens avec des observateurs anonymes.

La conséquence sur les années suivantes au sein du Ministère de la Culture fut d'une part la séparation au sein du Ministère de la Culture de la création et de la recherche (déjà entamée et souhaitable à certains égards), d'autre part la diminution drastique du soutien aux groupes avec disparition progressive de la majorité d'entre eux.

VII.2. Universités

Il faut d'abord noter que les départements de musique ne sont apparus dans les universités françaises qu'après 1968 (il n'existait auparavant que quelques chaires de musicologie). Ces départements étaient pour la plupart dans les U.E.R. ou Facultés littéraires des Universités, et ils n'étaient pas équipés pour permettre aux étudiants de pratiquer la musique. Comme cela est apparu précédemment dans l'analyse, l'informatique musicale est quasiment inexistante dans les formations musicales universitaires. Les universités et les grandes écoles française (contrairement par exemple au MIT, qui a 14 enseignants permanents en musique) ont pour la plupart adopté une position frileuse continuant à favoriser le patrimoine reconnu des siècles précédents par rapport aux domaines contemporains (il faut excepter le Département de musique de l'Université Paris VIII). Le DEA Musicologie du XXème siècle a eu beaucoup de mal à imposer une musicologie contemporaine.

En ce qui concerne la recherche en informatique musicale, on ne peut cependant pas strictement parler de non-reconnaissance totale des activités relevant des thématiques AST par les universités, les grands établissements de recherche ou les grandes écoles. Ainsi l'activité d'informatique musicale, en France, comme dans beaucoup de lieux à l'étranger, s'est développée dans des laboratoires, parfois dans un climat d'acceptation et d'intérêt. Paradoxalement, ce sont souvent les structures à vocation artistique et culturelle (conservatoires, écoles d'art, corporations, DEUG et maîtrises universitaires en musicologie ...) qui ont le plus freiné le démarrage les nouvelles formes de pensée et de production artistiques liées aux nouvelles technologies

Mais en fait la politique des grands établissements en matière d'AST s'est souvent limitée à une pratique d'hébergement sans soutien de la thématique ni considération pour ses problèmes spécifiques. C'est le cas par exemple pour l'INPG de Grenoble vis-à-vis de l'ACROE, du LMA du CNRS vis-à-vis de l'équipe informatique musicale, pour l'ENS Paris et l'EHESS vis-à-vis du DEA Musicologie du XXème siècle...

Références

- L. Hiller, et L. Isaacson (1958). "Musical composition with a high speed digital computer", JAES, Vol.6 n°3 (154-160), 1958.
- L. Hiller, et L. Isaacson (1959). "Experimental Music", New-York. McGraw Hill, 1959, 197 p.
- Pierre Schaeffer (1966). "Traité des objets musicaux", Seuil, 1966.
- M. Mathews, J.C. Risset and al. (1969). "the technology of Computer Music", The MIT Press, 1969.
- Revue "Musique en jeu". Editions du Seuil, Rédacteur : Dominique Jameux, à partir de 1970.
- Emile Leipp (1971). "Acoustique et musique", Masson, 1971.
- J. Chowning (1973). "The synthesis of complex audio spectra by means of Frequency Modulation", JAES - 21/09/1973 - (526-534) et CMJ Vol.1 n°2 (46-54) 1977.
- INA-GRM, "Cahiers recherche/musique", à partir de 1976.
- "Un répertoire d'informatique musicale", compilé par Jacques Arveiller, Marc Battier et Giuseppe Englert, publié par "Groupe art et informatique de Vincennes, Université de Paris 8, 1976.
- Computer Music Journal, the MIT Press, à partir de 1977.
- C. Cadoz, J.L. Florens (1978). "Fondements d'une démarche de recherche informatique/musique", Revue d'Acoustique N°45, pp. 86-101. Paris 1978.
- C. Cadoz, A. Luciani, and J. L. Florens (1981). "Synthèse musicale par simulation des mécanismes instrumentaux. Transducteurs Gestuels Rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental", Revue d'Acoustique N° 59, pp. 279-292. Paris 1981.

Colloque "le concept de recherche en musique", IRCAM, Centre Georges Pompidou, 1981, publié sous le titre "Quoi?, quand?, comment?, la recherche musicale", textes réunis et présentés par Tod Machover, Editions Christian Bourgois et IRCAM - 1985.

J.C. Risset, D. Wessel (1982). "Exploration of timbre by analysis and synthesis - The Psychology of Music", Accademic Press - 1982 - pp. 25-58. - Traduction dans : Le timbre, métaphore pour la composition - Coll. "Musique/Passé/Présent".

Assises de la Recherche, Tables rondes et ateliers sur la recherche en art, Ministère de l'éducation nationale et Ministère de la culture, 1982.

Colloque IRCAM, "Le timbre, métaphore pour la composition" (Barrière J.B.), Paris, Christian Bourgois 1985. Le bulletin du CPRIM. Collectif pour la Recherche en Informatique Musicale - Président : Claude Cadoz.

Pierre-Michel Menger (1989). "Les laboratoires de la création musicale : acteurs, organisations et politique de la recherche musicale", Ministère de la culture, Département des études prospectives, la Documentation française, 1989.

Colloque "Modèles physiques, Création musicale et ordinateur", organisé par l'ACROE en octobre 1990, édité par la Maison des Sciences de l'Homme en 1994.

Representation of musical signal - De Poli-Piccialli-Roads Editors - MIT Press -1991.

C. Cadoz (1994). "Les réalités virtuelles", Collection Dominos, Flammarion, Paris.

Assises de la recherche. Ministère de la Culture, 1996.

A. Veitl (1997). "Politiques de la musique contemporaine: le compositeur, la "recherche musicale" et l'Etat en France de 1958 à 1991", L'Harmattan, Paris/Montréal.

Revue "Inharmoniques", IRCAM, Centre Georges Pompidou.

"Les cahiers du CENAM", Ministère de la culture.

Revue Marsyas, Institut de Pédagogie Musicale et Chorégraphique - la Villette, pp. 18-29. Paris 1988.

Revue "Résonance", IRCAM, Centre Georges Pompidou.

"Les cahiers de l'IRCAM", IRCAM - Centre Georges Pompidou.

"Culture et recherche", Mensuel éditée par le Ministère de la culture, Mission de la recherche et de la technologie, Jean Pierre Dalbera.

CCRMA - <http://www-ccrma.stanford.edu/>

CNMAT - <http://www-cnmat.berkeley.edu/>

IRCAM - <http://www.ircam.fr/>

Electronic Music Foundation - <http://www.emf.org>

MediaLab - <http://www.media.mit.edu/>

Interval Research - <http://www.interval.com>

REPÉRAGE DES RESSOURCES - Un survol de l'informatique musicale

Jean-Claude RISSET

Essai de définition

L'Informatique musicale telle que nous l'entendons consiste dans la mise en œuvre et l'usage, en vue d'étendre les possibilités de la création musicale et de la musicologie, de moyens matériels et logiciels impliquant le codage numérique et le recours aux possibilités de l'ordinateur.

L'Informatique musicale est une partie essentielle de la recherche musicale. C'est la recherche en Informatique musicale, et non pas la recherche technologique, qui prépare les possibilités

de création et d'utilisation musicale issues de l'ordinateur et du domaine numérique. Il s'agissait en effet d'acquérir un savoir-faire, que la technologie ne fait que mettre en œuvre. L'informatique permet de construire les applications musicales, au lieu de détourner à des fins musicales un dispositif conçu à d'autres fins.

L'Informatique musicale concerne en particulier les domaines de :

- la synthèse des sons ;
- le traitement numérique des sons ;
- la composition musicale assistée par ordinateur ;
- la communication homme-machine et la commande gestuelle en temps réel ;
- l'étude de la perception des sons complexes et des séquences de sons dans un contexte musical ;
- l'analyse musicale assistée par ordinateur ;
- l'impression et la transcription de partitions musicales par ordinateur.

C'est surtout dans le domaine du matériau sonore que l'Informatique musicale a influencé les pratiques créatrices. Il ne s'agit pas d'un rôle ancillaire : comme aimait à dire Varèse, de nouveaux matériaux sont nécessaires pour donner lieu à de nouvelles architectures.

L'informatique musicale permet d'introduire une logique compositionnelle jusqu'au niveau de la microstructure sonore, comme Varèse le souhaitait déjà : elle joue un rôle significatif dans la problématique musicale de très nombreux compositeurs - surtout, mais pas seulement, les plus jeunes (citons Xenakis, Kœnig, Nono, Boulez, Berio, Ligeti, Cage, Reynolds, Riotte, Yuasa, Subotnick, Reynolds, Chowning, Bayle, Bodin, Maïguaschca, Risset, Harvey, Lansky, Smalley, Dufourt, Obst, Manoury, Murail, Lindberg, Leroux, Saariaho, Rai, Teruggi, Stroppa, Barrière, Fedele, Tutschku ...).

Spécificités de l'informatique musicale

Il importe de noter que l'informatique musicale ne se réduit pas à une prestation de services faisant appel à des méthodes ou des programmes banalisés. Le codage numérique crée une situation nouvelle, puisqu'il permet de traiter sous la même forme sons, images ou textes. L'ordinateur n'est pas un appareillage technologique détourné de son but premier, il n'est d'ailleurs pas vraiment un outil, mais plutôt un atelier qui permet à chacun de construire ses outils, ses langages, ses applications, sans distinction des aspects matériels et intellectuels. Le recours à l'ordinateur permet de mettre en œuvre des logiques, d'élaborer des programmes, de définir des codes, de déployer des représentations opératoires, de communiquer des données complexes. L'informatique permet l'accumulation des connaissances et du savoir-faire, leur conservation, leur dissémination, leur portabilité vers de nouvelles mises en œuvre technologiques.

Ce sont les résultats de la recherche en informatique musicale - et non le développement de la seule technologie - qui ont permis l'apparition de produits industriels performants comme les synthétiseurs ou les processeurs de signaux. Une culture se traduit et se concrétise par des outils de création : l'enjeu de l'informatique musicale est de les concevoir et de les mettre en œuvre.

L'informatique est ainsi devenue à la fois l'outil et le langage pour une quantité de recherches musicales, un peu comme ce fut le cas des mathématiques pour les sciences physiques.

L'informatique musicale apparaît comme le noyau dur et le lieu fédérateur de la recherche musicale.

Et les exigences musicales ont souvent suscité des possibilités informatiques nouvelles, en posant dans le cadre de la création des problèmes nouveaux impliquant la motricité, la perception, la cognition et mettant en jeu de puissantes motivations artistiques. L'acte artistique pose des problèmes théoriques profonds et originaux, qui sont souvent sans équivalent dans les milieux de la recherche : en particulier ces problèmes sont par essence interdisciplinaires, comme la musique elle-même, qui implique motricité et perception, sensibilité et cérébralité.

Sans l'informatique musicale, l'acoustique instrumentale et l'acoustique architecturale seraient privées d'innovations des plus significatives : les espaces illusoires de Chowning, les simulations de salles de Schröder, Damaske, Gottlob et Blauert, la caractérisation des paramètres acoustiques pertinents par le biais de l'analyse par synthèse, les modèles physiques de Cadoz, les diagrammes chaotiques de Lalœ et Gibiat, les représentations vibratoires de Rossing. Les études d'absorption active, visant à atténuer un son en envoyant une copie de ce son en opposition de phase, seraient restées velléitaires. L'informatique elle-même a bénéficié plus d'une fois des apports de l'informatique musicale- avec les premières expériences de créativité artificielle (Hiller, Barbaud, Xenakis) ; la notion de grammaire générative, proposée par le musicologue viennois Schenker cinquante ans avant Chomsky et Backus ; les premiers langages modulaires, articulés comme le langage à partir d'éléments en petit nombre (MUSIC III de Mathews) ; les premiers ordinateurs dédiés, préfigurant les ordinateurs personnels et fournissant de nouvelles possibilités de communication homme-machine (le DDP224 de Denes avec le système GROOVE de Moore et Mathews) ; les architectures nouvelles de systèmes intégrant les impératifs temps réel et ceux de l'efficacité de calcul (comme le système informatique intégré de l'ACROE ou les stations de travail actuellement à l'étude) ; l'ordonnancement temps réel (le "scheduling" dans l'environnement graphique en programmation objet MAX de Miller Puckette) ; les modèles cérébraux de Minsky ; les propositions de Patrick Greussay pour l'analyse "intelligente" et de Yann Orlarey pour le "lambda-calcul" ; la messagerie sonore. Nombre d'étudiants musiciens de John Chowning sont chercheurs dans des firmes d'informatique comme Apple ou Next. En acoustique, on assiste à une véritable mutation vers le numérique, que j'évoque dans un article de 1990.

Dans le domaine sonore, l'informatique libère la production du son des contraintes mécaniques : pour la première fois, elle permet d'obtenir des sons de structure physique arbitrairement complexe et parfaitement connue. Aussi l'informatique musicale a-t-elle déjà apporté des contributions décisives au traitement du signal, proposant des modèles sonores appelés "modèles de signal". Mais la maîtrise des paramètres physiques ne suffit pas : ce sont les résultats auditifs qu'il faut maîtriser. Or la relation "psychoacoustique" entre paramètres physiques et effets sensibles est bien plus complexe qu'on ne le croit. (Ainsi certains sons paraissent baisser lorsqu'on double leurs fréquences). Aussi l'exploration des ressources du son numérique est-elle inséparable d'une recherche - implicite ou explicite - sur la perception auditive. La méthodologie de "l'analyse par synthèse" a déjà bouleversé notre compréhension de l'organisation perceptive ; elle a conduit à ce qu'on appelle souvent la perspective "écologique", ou "l'analyse de scènes auditives", suivant le terme d'Albert Bregman. Cette perspective justifie le recours aux "modèles physiques".

La fécondité de l'Informatique musicale suppose que les recherches soient menées dans plusieurs contextes, et particulièrement dans un contexte musical.

L'informatique musicale a fait de l'ordinateur un outil privilégié, qui a vite pénétré de nombreux secteurs de la recherche acoustique - musique, mais aussi acoustique des salles, synthèse et reconnaissance de la parole, absorption active... Si ses objectifs concernent souvent la création et la diffusion musicale, spécialement dans des institutions comme l'IRCAM, une recherche vigoureuse est nécessaire pour permettre de tirer parti efficacement des possibilités offertes par l'informatique. L'informatique musicale est en relation étroite avec plusieurs disciplines de recherche : informatique, circuits VLSI, traitement du signal, communication homme-machine, environnements virtuels, intelligence artificielle, étude de la perception auditive et sciences cognitives. Les exigences de la musique et la forte motivation des acteurs de l'Informatique musicale ont souvent joué un rôle décisif pour promouvoir le son numérique, pour proposer de nouvelles architectures informatiques - logiciel et matériel -, de nouveaux processus de traitement du signal, enfin pour révolutionner la psychoacoustique des sons complexes.

Les lieux de l'Informatique musicale

L'informatique musicale est née aux Etats-Unis - aux Bell Laboratories - et elle continue à s'y développer, surtout à l'Université Stanford (CCRMA : Center for Computer Research in Computer Music and Acoustics créé par John Chowning, avec un corpus important de recherches, d'œuvres musicales et de publications), mais aussi à U.C. Berkeley (Center for New Music and Audio Technologies, David Wessel), U.C. San Diego, M.I.T. (Media Lab), Princeton, Dartmouth College, University of Illinois, Northwestern University, Yale. Au Cal Tech, un groupe a réalisé des circuits VLSI de pointe pour la musique. Le Japon a su exploiter industriellement les acquis de la recherche (Yamaha, Casio, Roland...).

En Europe, il faut signaler l'activité en Italie, notamment le Centro for Sonologia Computazionale de l'Université de Padoue, le Laboratoire industriel IRIS près de Rome ; la Société Italienne d'Informatique Musicale est très active. Le Sonic Arts Union de Grande Bretagne est un consortium efficace de compositeurs utilisateurs. L'Allemagne est en train de combler son retard dans le cadre du grand Center for Art and Mediatechnologie de Karlsruhe, qui est un peu le pendant de Beaubourg. Il faut mentionner les recherches remarquables du Department of Speech and Music Acoustics de l'Institut Royal de Technologie de Stockholm (synthèse de la voix, analyse de l'interprétation par synthèse, acoustique musicale). A Zurich et Genève, la Swiss Computer Music Association. Des centres se développent en Espagne (Madrid-Cuenca et Barcelone) et en Allemagne (Hambourg).

La France occupe une place de choix en Informatique musicale, en raison de l'existence de l'IRCAM et de ses travaux sur synthèse, traitement du signal, modèles instrumentaux, acoustique des salles, conception et réalisation de processeurs numériques rapides et de logiciels d'aide à la composition, mais aussi d'autres centres actifs, relevant de plusieurs institutions : l'ACROE, (IMAG Grenoble), financée principalement par le Ministère de la Culture, pionnier de la recherche sur les environnements virtuels (sons, mais aussi image et toucher) et la synthèse par modèles physiques ; l'Equipe d'Informatique Musicale du LMA, laboratoire propre C.N.R.S., qui a développé la synthèse, la transformation en ondelettes et l'étude de la perception. En même temps qu'une activité importante de réalisation et de diffusion musicale GRM de l'INA (Paris) réalise une recherche fondamentale aussi bien que technologique. Il en va de même du GRAME de Lyon. On trouve d'autres acteurs d'Informatique musicale dans le cadre de Laboratoires d'Acoustique musicale ou

d'associations musicales. Le GMEB de Bourges organise un Festival "Synthèses" des musiques électroacoustiques et des rencontres entre acteurs de l'Electroacoustique et de l'Informatique Musicale.

Internet conduira à une "délocalisation" des ressources de l'informatique musicale, par le biais des "studios en ligne" utilisables à distance (IRCAM, York, Barcelone) : mais les centres continueront de développer ces ressources et à régir la diffusion.

Le DEA Musique et Musicologie du XXème siècle fait une part à l'informatique musicale, et le DEA ATIAM propose depuis 1993 une introduction à l'informatique musicale à l'intention des scientifiques. L'IRCAM propose un cursus d'informatique musicale d'un an à l'initiation des compositeurs. Au Conservatoire National Supérieur de Musique de Lyon, SONUS est un cursus d'Informatique musicale pour compositeurs sur plusieurs années. L'INA-GRM, comme d'autres centres de production, organisent des formations en vue de la réalisation musicale dans ses studios. A l'étranger, divers centres proposent des cursus sur plusieurs années.

Il faut noter que si l'informatique musicale s'est beaucoup développée en France grâce à la politique de la Direction de la musique, elle ne trouve pas aisément sa place dans les laboratoires de recherche C.N.R.S. ou universitaires, en dépit de son intérêt proprement scientifique. Seul le soutien - et l'évaluation - de la Direction de la musique du Ministère de la Culture peut assurer une exigence musicale suffisante.

Problèmes

La vitesse du changement technologique rend vite caducs les appareillages spécialisés, ce qui gêne la constitution d'un corpus de savoir-faire, l'approfondissement d'une tradition de composition et d'interprétation et d'écoute et la décantation de "classiques". Aussi est-il important d'assurer la portabilité des dispositifs technologiques de réalisation sonore, surtout si celle-ci est réalisée en temps réel et non "sur support", c'est-à-dire sous forme d'un enregistrement.

Bien des démarches significatives sont mal comprises, ignorées ou oubliées. La musicologie est en effet mal armée pour rendre compte des démarches de l'informatique musicale, manquant de documents immédiatement exploitable comme une partition traditionnelle. Or, la plupart du temps, ces documents existent, mais ils doivent être mis "en clair".

Références

- P.Schaeffer (1952). A la recherche d'une musique concrète. Ed. du Seuil, Paris.
Die Reihe, n° 1 (1955/1965). Electronic music. Universal Edition (Wien)/ Th. Presser (Bryn Mawr, Pennsylvania).
A. Moles (1960). Les musiques expérimentales. Ed. du cercle d'art contemporain, Genève.
I. Xenakis (1963). Musiques formelles. Revue musicale.
P. Schaeffer (1967/1973). La musique concrète. PUF "Que sais-je?", Paris.
H. Davies, editor (1968). Répertoire international des musiques électroacoustiques. GRM & Independent Music Center (distribution M.I.T. Press).
M. Chion, G. Reibel (1976). Les musiques électroacoustiques. INA/Edisud.
D. & J.Y. Bosseur (1979/1992). Révolutions musicales. Le Sycomore, Paris.

M. Chion (1982). La musique électroacoustique. PUF "Que sais-je?", Paris.
T.B. Holmes (1985). Electronic and experimental music. Charles Scribner's sons, New York.
C. Roads, editor (1985). Composers and the computer. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
Nuova Atlantide - Il continente della musica elettronica 1900-1986 (avec deux cassettes d'œuvres musicales).
Biennale di Venezia, 1986.
H.U. Humpert (1987). Elektronische Musik. Schott, Mainz.
Contrechamps n° 11 (1990). Musiques électroniques. Genève.
H. Dufourt (1991). Musique, pouvoir, écriture. C. Bourgois, Paris.
J.Y. Bosseur (1992). Vocabulaire de la musique contemporaine. Minerve, Paris.
J.N. von der Weid (1992). La musique du XXe siècle. Hachette.

Compléments sur les applications de l'informatique à la composition automatique et l'analyse musicale

Quelques éléments historiques à partir du texte d'André Riotte :
"L'informatique musicale sous l'angle de l'analyse formalisée",
rédigé en 1993 pour le Groupe de Travail Informatique Musicale de la Direction de la
Musique et de la Danse du Ministère de la Culture et de la Communication

D. A. Caplin utilise pour la première fois en 1955, un ordinateur pour programmer le Musikalisches Würfelspiel, le Jeu de dés imaginé en 1780 par Mozart pour composer des valse, réalisant avant la lettre le premier "modèle informatique" d'une famille d'œuvres.

Le compositeur américain *Milton Babbitt* (1961), a développé dès 1955 un travail à base mathématique sur le système dodécaphonique et Lejaren Hiller, avec Isaacson, produit en 1957 la première œuvre calculée, le quatuor ILLIAC (Hiller & Isaacson, 1959) du nom du calculateur de l'Université d'Illinois.

Allen Forte (1973) publie son répertoire exhaustif des accords (modulo-12, c'est-à-dire à l'octave près) connu sous le nom de "set-theory", formalisme amélioré par John Rahn (1980), puis complété sur le plan temporel par Robert D. Morris (1987).

En France

Michel Philippot (1960), avant même l'utilisation effective de l'ordinateur, s'est posé le problème d'une description objective des décisions qu'il prenait pour écrire sa propre musique.

Pierre Barbaud (1911-1990) a le premier expérimenté une démarche algorithmique effective (Barbaud, 1966, 1968).

Iannis Xenakis, compositeur, ingénieur et architecte, a énoncé les bases d'une représentation mathématique de la musique libérée de la notation et du vocabulaire traditionnels (Xenakis, 1963).

Patrick Greussay et le groupe Art et Informatique de Vincennes ont également apporté leur pierre à l'édifice, à la fois au plan algorithmique et au plan formel ; sur ce dernier, la thèse de Greussay (1973) a marqué une avancée importante vers la formalisation de partitions.

André Riotte utilise à la même époque l'ordinateur pour le calcul d'un matériau musical rare, les *Cycles Équilibrés* (Riotte, 1963,1969) et présente en 1973 dans le cadre de l'EMAMu ses premiers travaux de formalisation analytique (un modèle informatique d'une pièce de Stravinsky).

Analyse, composition et modèles

La conjonction de la linguistique formelle et de l'informatique a produit diverses retombées sur le terrain de l'analyse musicale. La théorie la plus connue et la plus ambitieuse, qui invoque les grammaires génératives, est celle de Lerdahl et Jackendoff (1983).

Le principe des grammaires génératives a été utilisé par Mario Baroni et Maurizio Jacoboni pour produire par ordinateur des mélodies dans le style de corpus très spécifiques (chorals de Bach, 1978 ; pièces de Legrenzi, avec Rossana Dalmonte, 1990), ainsi que par Otto Laske (1975).

Divers programmes sont utilisés pour l'aide à la composition: à Stanford et au ZKM de Karlsruhe, Common Music de Rick Traube; à l'IRCAM, Patchwork, actuellement relayé par Open Music, développé par Gérard Assayag; à Lyon, Elody (Yann Orlarey).

L'analyse assistée par ordinateur

Vers la fin des années 80 émerge l'intérêt de la simulation compositionnelle comme démarche d'analyse assistée par ordinateur (Mesnage & Riotte, 1989). Un logiciel appelé Morphoscope, conçu et réalisé par Marcel Mesnage permet de formaliser l'information d'une partition comme ensemble homogène de relations, hors-temps ou en-temps, entre les paramètres musicaux de base.

Références

- Assayag, G., & Rueda, C. (1993) The music representation project at IRCAM. Proceedings of the 1993 International Computer Music Conference, ICMA, San Francisco.
- Babbitt M. (1961) Set Structure as a Compositional Determinate, *Journal of Music Theory* 5/1, pp. 72-94.
- Barbaud P. (1966) *Initiation à la composition musicale automatique*, Dunod, Paris.
- Barbaud P. (1968) *La musique, discipline scientifique*, Dunod, Paris.
- Baroni M., Jacoboni C. (1978) *Proposal for a Grammar of Melody: the Bach Chorales*, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal.
- Chemilier, M., & Pachet, F. (1998) *Recherches et applications en informatique musicale*, Hermès, Paris.
- Cope D. (1991) *Computers and musical style*, Oxford University Press, Oxford.
- Forte A. (1973) *The Structure of Atonal Music*, Yale University Press, New Haven.
- Greussay P. (1973) *Modèles de descriptions symboliques en analyse musicale*, Thèse de Doctorat, Université de Paris 8.
- Hiller L.A., Isaacson L.M. (1959) *Experimental Music*, McGraw-Hill, New York.
- Laske O.E. (1975) *Introduction to a Generative Theory of Music*, *Sonological Reports* 1, 103.
- Lerdahl F., Jackendoff R. (1983) *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press, Cambridge.
- Lincoln H. ed. (1970) *The computer and music*, University Press.
- Mesnage M. (1993) *Morphoscope, a Computer System for Music Analysis*, *Interface* Vol. 22, Swets & Zeitlinger, Lisse, pp. 119-131.
- Mesnage M., Riotte A. (1988) *Un modèle informatique d'une pièce de Stravinsky*, *Analyse Musicale* n° 10, Paris, pp. 51-67.
- Morris R.D. (1987) *Composition with Pitch-Classes*, Yale University Press.
- Philippot M. (1960) *La musique et les machines*, *Cahiers d'étude de radio-télévision* n° 27-28, *Situation de la Recherche*, Flammarion, Paris.

- Rahn J. (1980) Basic Atonal Theory, Macmillan, New York.
- Riotte A. (1981) Quelques réflexions sur la formalisation des structures musicales . In Regards sur Iannis Xenakis , Stock-Musique Paris.
- Riotte A. (1989) Modèles et métaphores : les formalismes et la musique. La musique et les sciences cognitives, P. Mardaga, Liège, pp. 523-533.
- Riotte A. (1991) Quelques réflexions sur le contrôle formel du timbre. In Le timbre, métaphore pour la composition- IRCAM, Paris .
- Xenakis I. (1963) Musiques formelles, Richard-Masse, Paris.

Informatique et musique : faits historiques marquants

1620. Anticipation d'un monde sonore nouveau dans "New Atlantis" de Francis Bacon, chancelier d'Angleterre
1840. Vision de la composition assistée par ordinateur et de l'intelligence artificielle (Lady Lovelace).
- 1900 env. Dynamophone ou Telharmonium de Cahill (USA) pour engendrer et transporter la musique électrique par téléphone.
1948. Musique concrète (Schaeffer, Studio d'essai, Paris).
1950. Musique électronique (Eimert, Cologne) et music for tape (Luening & Ussachevsky, Columbia, New York).
1956. Composition assistée par ordinateur (Hiller et Isaacson) (dans les années 60 et 70 : Barbaud, Brün, Xenakis, Koenig, Lorrain).
1957. Première synthèse de sons par ordinateur et premier enregistrement numérique (Mathews et ses collaborateurs, Bell Labs).
1959. MUSICIII, premier programme de synthèse à modules virtuels (ancêtre de MUSIC IV, MUSICV, MUSIC10, MUSIC360, MUSIC11, CMUSIC, CSOUND et des synthétiseurs numériques modulaires (Mathews)
1964. Synthétiseurs analogiques (Moog, Buchla, Ketoff)
- 1964/1969. Imitation d'instruments et réalisation de paradoxes par synthèse (Bell Labs)
1968. Mouvements sonores virtuels (Chowning, Stanford)
1968. Ordinateurs dédiés.
1969. Systèmes hybrides temps réel.
1969. Catalogue de sons synthétiques (Risset, Bell Labs)
- 1969/78. Synthèse par modèles physiques
- Ruiz, Univ. of Illinois & Bell Labs ;
 - Cadoz et Florens, ACROE Grenoble, avec la synthèse des images par Luciani
1970. Synthèse par modulation de fréquence (Chowning, Stanford Univ.)
1974. Synthétiseurs numériques (Synclavier, Appleton & Alonso, Dartmouth)
1976. Espaces de timbre (Grey, Wessel, Stanford, Michigan, IRCAM)
- 1976-1978. Synthétiseurs 4A, 4B, 4C, 4X (Di Giugno, IRCAM ; Alles, Bell Labs)
- 1977/... Ordinateurs personnels (AppleII, Commodore, Atari, 1982 : compatibles PC, 1984 : Macintosh)
1979. Programme CHANT (IRCAM)
1980. Touche à retour d'effort, ACROE (Cadoz & Florens)
1982. Studio 123 - traitement des sons par ordinateurs (GRM, Paris)
1983. Format MIDI (Sequential Circuits, Roland, etc)
1983. "Synthetic performer" (Vercœ, M.I.T. & IRCAM)
1983. Commercialisation de l'enregistrement numérique.
1983. Synthétiseur FM DX-7 (Yamaha)
1984. Langage CORDIS pour la modélisation physique (ACROE)
1984. Système de spatialisation (GRAME)
- 1985... Logiciels d'aide à la composition (Formes, Pla, Patchwork, Mosaic, Common Music)
1987. Ordinateur NeXT avec messagerie et sortie sonore, et logiciel musical.
1988. Radio-drum & "Intelligent instruments" (Mathews, Stanford) ; Hyperinstruments (Machover-Chung, M.I.T.)
1989. Impression des partitions par ordinateur généralisée chez Schott et Schirmer.
1989. Programme modulaire MAX de gestion temps réel (Puckette, IRCAM)
- 1990 environ. Extension des recherches sur les "réalités virtuelles" (image, son, toucher) - ACROE (Cadoz, Luciani, Florens)
1992. Divers ordinateurs avec entrée et sortie sonore (Macintosh, Silicon Graphics, compatibles IBM-PC)
- 1994 environ. Usage croissant du World Wide Web (Internet) : nombreuses ressources sonores en "freeware".
- 1996/.... Recherches pour la mise en œuvre de prestations sonores en ligne (IRCAM, York, Barcelone)

Quelques références sur l'Informatique musicale (ordre chronologique)

- F. Bacon (circa 1620). *New Atlantis*. Crofts Classics, H. Davidson, Arlington Heights, Ill., U.S.A.
- L. Hiller & L.M. Issacson (1959). *Experimental music*. McGraw Hill.
- I. Xenakis (1963). *Musiques formelles*. Numéro spécial de la *Revue Musicale* ; Ed. Richard Masse, Paris (Edition augmentée en anglais : *Formalized music*, 1971, Indiana University Press, Bloomington).
- P.Schaeffer (1966). *Traité des objets musicaux*. Ed. du Seuil, Paris (avec 3 disques d'exemples sonores).
- M.V. Mathews (1969). *The technology of computer music*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass., U.S.A.
- J.C. Risset (1969). *An introductory catalog of computer-synthesized sounds* (avec 1 disque d'exemples sonores). Bell Laboratories, Murray Hill, N.J., U.S.A. (à paraître avec le coffret C.D. Wergo "History of computer music").
- J.C. Risset & M.V. Mathews (1969), *Analysis of instrument tones*, *Physics Today*, 22 n° 2, 23-40.
- J. Chowning (1971), *The simulation of moving sound sources*, *Journal of the Audio Engineering Society* 19, pp. 2-6.
- J. Chowning (1973), *The synthesis of audio spectra by means of frequency modulation*, *Journal of the Audio Engineering Society* 21 n° 7, 526-534. Reprinted with other articles in C. Roads & J. Strawn, editors, M.I.T. Press, Cambridge, Mass., U.S.A., 1985.
- La musique en projet* (1975) (Boulez, Mathews, Risset ... Gallimard/IRCAM.
- C. Cadoz, A. Luciani & J.L. Florens, (1981). *Synthèse musicale par simulation de mécanismes instrumentaux et transducteurs gestuels rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental*, *Revue d'Acoustique* 59, 279-292.
- M.V. Mathews & J.R. Pierce, editors (1989). *Current directions in computer music research*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass. (avec un disque compact d'exemples sonores).
- C. Cadoz (1991). "Timbre et Causalité", In *Le timbre, métaphore pour la composition* (Barrière J.B.), Paris, Christian Bourgois 1991.
- R. Rowe (1993). *Interactive computer music systems*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass. (avec un disque compact CR-ROM d'exemples sonores et de programmes)
- D.R. Begault (1994), *3-D sound for virtual reality and multimedia*. Academic Press Professional, Cambridge, Mass.
- M. Laliberté (1994). *Un principe de la musique électro-acoustique et informatique et son incidence sur la composition musicale*. Thèse de musique et musicologie du XXème siècle, EHESS, Paris.
- L. Rondeleux (1995). *Incidences des représentations numériques sur l'évolution du langage musical en France et aux Etats-Unis*. Thèse de musique et musicologie du XXème siècle, EHESS, Paris.
- J. Chadabe (1997). *Electric sound - the past and promise of electronic music*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- M. Chemillier & F. Pachet, coordonnateurs (1998). *Recherches et applications en informatique musicale*. Hermès, Paris.

Articles personnels de réflexion sur l'informatique et la recherche musicale

- J.C. Risset, 1985, *Le compositeur et ses machines -de la recherche musicale?* In *Esprit* (numéro spécial "Musique contemporaine - comment l'entendre"), 59-76.
- J.C. Risset, 1986, *Des souris et des hommes*, *Les cahiers du CENAM*, numéro spécial "Musique et micro-informatique", n° 40, pp. 12-18.
- J.C. Risset, 1988, *Perception, environnement, musiques, Inharmoniques*, 3, pp. 10-42.
- J.C. Risset, 1991, *Musique, recherche, théorie, espace, chaos*. In *Harmoniques* 8/9, 273-316 (numéro spécial *Musique, théorie, recherche*).
- J.C. Risset, 1990. *Acoustique et musique : mutation vers le son numérique*. Supplément 1990, pp. 114-126 et nouvelle édition de *l'Encyclopedia Universalis*, Paris.
- J.C. Risset, 1990. *Composer le son : expériences avec l'ordinateur, 1964-1989*. *Contrechamps XI*, Editions l'Age d'homme, Lausanne (numéro spécial sur les musiques électroacoustiques), pp. 107-126.
- J.C. Risset, 1992. *Composing sounds with computers*. In J. Paynter, T. Howell, R. Orton & P. Seymour, editors, *Companion to contemporary musical thought*, Routledge, London, 529-615.

- J.C. Risset 1994. Sculpting sounds with computers : music, science, technology. *Leonardo* 27, 257-261.
- J.C. Risset, 1995. Aujourd'hui, le son musical se calcule. *Mathématique et art*, sous la direction de Maurice Loï, Hermann, Paris, 211-233.
- J.C. Risset, 1995. "Recherches au dessus de tout soupçon". In *Chercheurs et artistes*, Collection Mutations, Autrement n° 158 (Octobre 1995), 170-180.
- P. Szendy, 1996. De la harpe éolienne à la "toile" : fragments d'une généalogie portative. In *Lire l'IRCAM* (n° spécial des Cahiers de l'IRCAM), 40-72.

Ouvrages de documentation et de réflexion

- P. Barbaud (1993). *Vademecum de l'ingénieur en musique*. Springer-Verlag, Paris.
- J.B. Barrière, ed., 1991, *Le timbre, métaphore pour la composition*, C. Bourgois et IRCAM, Paris.
- F. Bayle (1993). *Musique acousmatique : propositions.....positions*. INA-GRM/Buchet-Chastel, Paris.
- J.Y. Bosseur (1992). *Vocabulaire de la musique contemporaine*. Minerve, Paris.
- Contrechamps n° 11 (1990). *Musiques électroniques*. Genève.
- C. Dodge & T. A. Jerse (1983). *Computer music - synthesis, composition, and performance*. Schirmer Books, McMillan, New York.
- H. Dufourt (1991). *Musique, pouvoir, écriture*. C. Bourgois, Paris.
- C. Fatus (1994). *Vocabulaire des nouvelles technologies musicales*. Minerve, Paris.
- H.U. Humpert (1987). *Elektronische Musik*. Schott, Mainz.
- H.B. Lincoln, editor (1970). *The computer and music*. Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- S. McAdams & I. Deliège, ed. (1989). *La musique et les sciences cognitives*. Mardaga, Liège.
- Nuova Atlantide - Il continente della musica elettronica 1900-1986* (avec deux cassettes d'œuvres musicales). Biennale di Venezia, 1986.
- J.R. Pierce (1983). *The science of musical sound* (avec 1 disque d'exemples sonores). Scientific American Library. (Traduction française (1984) : *Le son musical*. Pour la Science).
- Quoi, quand, comment : la recherche musicale* (textes réunis par T. Machover). C. Bourgois/IRCAM, Paris 1985.
- J.C. Risset & D.L. Wessel (1982). *Exploration of timbre by analysis and synthesis*, in D. Deutsch, editor (1983), *The Psychology of music*, Academic Press, 25-58 (nouvelle édition mise à jour à paraître en 1999).
- J.C. Risset & D.L. Wessel (1991). *Exploration du timbre par analyse et synthèse/ J.C. Risset, Timbre et synthèse des sons*. In J.B. Barrière, coordinateur, *Le timbre*, IRCAM/C. Bourgois, 102-131/239-260.
- C. Roads, editor (1985). *Composers and the computer*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- C. Roads, editor (1989). *The music machine* (reprints from *Computer Music Journal*). M.I.T. Press, Cambridge, Mass., U.S.A.
- L. Rondeleux (1995). *Influence des représentations numériques sur l'évolution du langage musical en France et aux Etats-Unis, 1958-1982 : de la première synthèse au protocole MIDI, vingt-cinq années de bouleversements dans l'expérimentation musicale*. Thèse de doctorat. de musique et musicologie du XXe siècle, EHESS, 626 p.
- R. Rowe (1993). *Interactive computer music systems*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- P. Szendy (1996). De la harpe éolienne à la "toile" : fragments d'une généalogie portative. In *Lire l'IRCAM* (n° spécial des Cahiers de l'IRCAM), 40-72.
- Le timbre, métaphore pour la composition* (textes réunis par J.B. Barrière). C. Bourgois/IRCAM, Paris 1991.
- E. Varèse (1983). *Ecrits* (réunis par Louise Hirbour). C. Bourgois, Paris.
- A. Veitl (1997). *Politiques de la musique contemporaine : le compositeur, la "recherche musicale" et l'Etat en France de 1958 à 1991*. L'Harmattan, Paris/Montréal.
- J.N. von der Weid (1992). *La musique du XXe siècle*. Hachette.

Périodiques

- Gravesaner Blätter (jusqu'en 1966)
- Electronic Music Review (jusqu'en 1970 environ)
- Perspectives of New Music (USA)

Journal of Music Theory (Yale)
La revue musicale (jusqu'en 1991 environ)
Cahiers Recherche/Musique (INA/GRM, Paris)
Faire (GMEB, Bourges)
Computer Music Journal (M.I.T. Press) (depuis 1977)
Music Perception (University of California Press)
Contemporary music Review (Angleterre)
Interface (before 1993)/ Journal of New Music Research (after 1993) (Swets & Zeitlinger, Hollande)
Rapports CCRMA (Stanford)
Rapports CNMAT (U.C. Berkeley)
Rapports IRCAM (Paris)
InHarmoniques (jusqu'à 1991)/ Cahiers de l'IRCAM
Organised Sound (Cambridge University Press) (depuis 1996)

REPÉRAGE DES RESSOURCES - Musique électronique et informatique musicale

Centres, organismes et manifestations en informatique musicale à l'étranger

Association ICMA

International Computer Music Association

L'association ICMA regroupe environ 800 membres individuels dont :

- 350 environ aux USA
- 60 environ au Japon
- 60 environ en Grande Bretagne
- 60 environ en Italie
- 50 environ au France
- 30 environ en Australie
- 30 environ au Brésil
- 30 environ au Allemagne

Elle regroupe environ 50 à 60 centres de recherche en informatique musicale. Elle organise l'ICMC : International Computer Music Conference, en principe une fois sur deux en Amérique, et en Europe ou Asie. <http://music.dartmouth.edu/~icma/>

Institutions académiques

- Audio Research Team at Georgia Institute of Technology
- Australian Center for the Arts and Technology
- Bregman Electronic Music Studio at Dartmouth College
- California Institute of the Arts
- Center for Audio Recording Arts (CARA) at Georgia State University
- Center for Computational Sonology at the University of Padova
- Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Stanford University, CA, USA
- Center For Contemporary Music at Mills College
- Center for Experimental Music and Intermedia (CEMI) at the University of North Texas
- Center for New Music and Audio Technology (CNMAT), University of California in Berkeley, CA, USA
- Center for Research in Electro-Acoustic Music (CREAM) at San Jose State University

- Center for Research in Electronic Art Technology (CREATE) at UCSB
- College-Conservatory of Music Center for Computer Music (CCM2) at University of Cincinnati
- Columbia University Computer Music Center
- Computer Music Project at Carnegie Mellon University
- Computer Music Project at the University of Illinois at Urbana
- Computer Music Department of CNUCE/C.N.R - Pisa
- Eastman Computer Music Center
- Electronic Music Studio at University of Texas at Austin
- Florida Electroacoustic Music Studio at University of Florida
- Future Music Oregon at the University of Oregon
- University of Glasgow Department of Music
- Harvard Computer Music Center
- Hochschule für Musik Detmold
- Laboratory of Electroacoustic Music - Conservatory P.A.Soler
- Integrated Electronic Arts at Rensselaer (iEAR)
- Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing at Helsinki University of Technology
- Media Lab at the Massachusetts Institute of Technology
- Michigan State University Computer Music Studios
- Music Department at the University of Salford
- Music Technology at New York University
- Music Technology at Northwestern University
- Nijmegen Institute for Cognition and Information (NICI)
- Northern Illinois University Computer Music Studios
- Norwegian network for Technology, Acoustics and Music (NOTAM) at the University of Oslo
- Peabody Computer Music
- Princeton University Department of Music
- Queensland University of Technology New Media Music Studies
- Sound Synthesis Studios at The Ohio State University
- Southern Center for Research in ElectroAcoustic Music (SCREAM) at the University of Alabama
- Studio for Advanced and Media Technology, Bruckner-Conservatory, Linz, Austria
- Technical University of Gdansk Sound Engineering Department
- TIMARA at the Oberlin Conservatory
- UCSD Music Technology
- University of Chicago Computer Music Studio

Groupes et studios de recherche

- Arts Technology Centre (ARTEC), London, UK. <http://www.artec.uk>, (Formation et résidence d'artistes en art technologique, multimédia et nouvelles formes artistiques)
- Art and Design Centre, Computers in Teaching Initiative (CTIAD), Faculty, of Art, Design and Humanities, Brighton, UK, Effort pour accroître l'usage de l'informatique dans l'éducation - notamment artistique de haut niveau.
- California Institute of the Arts, Valencia, CA, USA
- Center for Computer Assisted Research in the Humanities (CCARH)
- Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Stanford University, CA, USA
- Center for New Music and Audio Technology (CNMAT), University of California in Berkeley, CA, USA
- Center for Research in Computing and the Arts (CRCA)
- Center for Research in Electro-Acoustic Music (CREAM)
- Centre for Advanced Inquiry on the Interactive Arts (Roy Ascott), University of Wales College, Newport, UK
- Danish Institute of Electroacoustic Music (DIEM)
- Digital Music Research (DMR) Group
- IBM Research Division Computer Music Center
- ICC, Tokyo
- Institut Universitari de l'Audiovisual
- Kunsthochschule für Medien (KHM), Cologne, <http://www.khm.de>
- Laboratorio de Investigación y Producción Musical
- The Logos Foundation
- Instituut voor Psychoacustica en Elektronische Muziek (IPEM)
- Interval Research, Palo Alto, CA, USA
- Media Lab at the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA

- Nijmegen Institute for Cognition and Information (NICI)
- Norwegian network for Tecnology, Acoustics and Music (NOTAM)
- Ntonyx Computer Laboratories
- Swiss Center for Computer Music
- Technical University of Gdansk Sound Engineering Department
- Zentrum für Kunst und Medientechnologie (ZKM), Karlsruhe, Allemagne (accueil d'artistes, travail en art technologique, computer music et multimédia)

Organisations, associations et sociétés savantes

- Ars Electronica Center, Linz, Autriche (Festival of Art, Technology and Society - <http://www.aec.at/> Prix Ars Electronica : International Competition for Cyber Arts - <http://www.prixars.orf.at>)
- Associazione di Informatica Musicale Italiana (AIMI)
- Australian Computer Music Association
- Australian Network for Art and Technology
- CERL Sound Group
- Composer's Desktop Project (Royaume Uni) (Arder Endrich, Andrew Bentley, Trevor Wishart, Richard Orton...)
- Consortium to Distribute Computer Music (CDCM)
- DEAF98 (Dutch Electronic Art Festival)
Evènement biennal qui traite des nouveaux médias artistiques et de leurs relations avec société, politique et esthétique
<http://www.v2.nl/DEAF/>
- Deutsche Gesellschaft für Elektroakustische Musik (DegeM)
- Electronic Music Foundation (Joel Chadabe)
<http://www.emf.org/guide.html>
- Réseau performant d'informations sur la musique électroacoustique (concerts, livres, disques, actualités)
- Gaudeamus Foundation
- International Community of Auditory Display (ICAD)
- ISEA (International Symposium on Electronic Art)
Forum significatif des arts électroniques et multimédia
<http://www.isea98.org>
<http://www.sat.qc.ca/isea/symposium/isea98.html>
- Linz: cf. ci-dessus, Ars Electronica
- New Sounds World Wide Contemporary Music Resources
- SEAMUS On-Line (Electroacoustic music)
- Swiss Computer Music Society

REPÉRAGE DES RESSOURCES - Arts visuels et synthèse d'image

Annie Luciani

Préambule

Du point de vue des sciences mathématiques, physiques et de l'ingénieur, l'image numérique se structure historiquement, institutionnellement et thématiquement, **en analyse et synthèse**.

L'analyse d'images est en filiation directe du traitement du signal. Dans la communauté scientifique, l'analyse et le traitement des signaux, et parmi eux l'analyse et le traitement de l'image, est un domaine puissant et structuré avec de forts liens avec l'industrie et les grands programmes scientifiques nationaux. De ce fait, l'analyse numérique de l'image se situe majoritairement dans le domaine du traitement du signal et des télécommunications, en continuité de cette origine.

A l'inverse, même si le convertisseur numérique-analogique a dû être un composant fondamental permettant à la synthèse de l'image de naître, la synthèse de l'image est plutôt née dans le domaine de l'informatique.

Contrairement au domaine de la synthèse du son pour lequel, mises à part la composition assistée par ordinateur, on peut dire que la synthèse a été et reste encore très fortement liée au traitement du signal et à l'acoustique (cf. le DEA ATIAM), l'image de synthèse est née et se trouve encore dans le domaine de l'informatique. Cela explique que depuis ces origines jusqu'à aujourd'hui, les liens avec les sciences formelles ont été davantage développés que les liens avec la physique et le traitement du signal.

Cela aura de fortes incidences sur le paysage actuel et ses mutations.

En particulier, si dans le domaine du son, il a existé une "musique électronique" par le biais des "synthétiseurs électroniques" accessibles à nombre de musiciens, à l'inverse, dans le cas de l'image électronique, les tentatives de réalisation et d'utilisation de synthétiseurs vidéo n'ont guère eu de succès (cf note ci-après). Les non-informaticiens ont dû attendre que les machines informatiques leur soient accessibles pour émettre des velléités de développement technologique, surtout en matière de logiciels. En synthèse d'image, il y a donc un coût d'entrée à la technologie, minimal mais important (historique), que d'autres domaines (tel que la synthèse de son par exemple ou l'analyse d'images, davantage liés à l'électronique qu'à l'informatique) ont moins ressenti (en termes financiers et de savoir-faire mais aussi en termes de délai).

-> Nous distinguerons donc entre analyse et synthèse même si aujourd'hui une autre manière de procéder commence à être à l'œuvre, comme par exemple dans les effets spéciaux.

Note : On se doit à cet égard de citer les efforts du GRI (Groupe de Recherche Image) et du GRT (Groupe de Recherches Technologiques) de l'ORTF. Créé en même temps que le GRM (Groupe de Recherches Musicales), le GRI n'a pas eu le même développement même si des expériences très intéressantes y furent menées en image électronique (dessins oscilloscopiques, œuvres conjointes de Piotr Kamler et des musiciens du GRM). Le GRT a tenté pendant longtemps de poursuivre les développements technologiques amorcés par le GRI sans grand succès : démarrage au début des années 70 du développement des systèmes ANIMA par F. Coupigny, réalisation de machines d'animation câblées (Psyché) avec tentatives d'industrialisation par X-COM (société grenobloise), sous perfusion de fonds publics jusqu'au milieu des années 80.

La synthèse de l'image

On regroupe sous l'appellation "synthèse de l'image" tous les procédés numériques permettant de produire des images par calcul numérique et sans captation optique.

Nous avons vu que la musique électronique est née dans une implication forte avec la radiophonie et l'électronique, ce qui lui a donné d'emblée une base et des préoccupations technologiques.

Un autre point fort qui explique l'intérêt de la création musicale aux technologies de son époque est la notion d'instrument. Les musiciens ont réclamé de tous temps de nouveaux instruments. La situation est différente dans l'image pour laquelle deux des aspects essentiels, lumière et mouvement, n'ont fait l'objet de développements technologiques que beaucoup plus récemment : le mouvement avec la naissance des automates mécaniques de Vaucanson et la lumière avec l'invention de la photographie, les deux inventions se trouvant réunies dans le

cinéma. Précédemment, la technologie se rapportait surtout aux supports et marqueurs d'une part et matériaux (colorants, pigments et liants) d'autre part.

Cela explique que pour l'époque contemporaine, les musiciens ont demandé et réalisé de nouveaux instruments électroniques comme des synthétiseurs de sons par exemple, qui ont été soit généraux et susceptibles d'être répandus et commercialisés, soit dédiés à une personne ou une création.

En résumé, on peut constater que la radiophonie a 20 ans d'avance sur la télévision et que l'IRCAM a été créé environ une dizaine d'années avant la lancée d'un Plan Recherche Image en France.

Plusieurs axes doivent être pris en compte qui auront une grande incidence sur l'appropriation de l'image de synthèse par les milieux non technologiques différents de ceux qui la développent :

1. la génération de la forme
2. la génération du mouvement
3. la génération de la réaction à la lumière
4. la composition d'images
5. l'interactivité

I. Historique scientifique

I.1. La phase "pionnier" : graphique interactif et couleur - milieux des années 60 - 70

Les premières expériences de I.E. Sutherland (Lincoln lab.) dans les années 1960 permettaient pour la première fois d'afficher et déplacer avec le doigt sur un écran un dessin au trait généré par calcul. Elles ont été poursuivies en France dans les années 1970 par Michel Lucas de l'IMAG à Grenoble (1ère thèse française de 3ème cycle : Lucas 1968).

Parallèlement, l'équipe de Hervé Huitric et Monique Nahas à l'université de Vincennes, s'attachait à la représentation de plans colorés en faisant calculer à l'ordinateur les couleurs de tous les pixels de l'image, produisant des sortes de tapisseries ou de mosaïques colorées.

L'Office National du Film Canadien acquiert un ordinateur PDP et réalise "La Faim" de Peter Foldes en 1974.

Création du SIGGRAPH, Special Group of Interest on Graphics of ACM, en 1975

En juin 1975, s'est tenu à Bowling Green dans l'Ohio "the Second annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques", June 1975, le premier colloque ayant été un colloque de préparation pour la création du groupe en 1972.

Le nombre de références à cette conférence est passé de environ 40 en 1975 à environ 250 en 1997. La conférence comprend essentiellement des cours, des présentations de papiers scientifiques, un "art show", un "Computer Graphics Theater" et une exposition de matériels et de logiciels. Dès 1979, la conférence scientifique s'est doublée d'un "film et video show"

dont une sélection fait l'objet d'une publication annuelle sous forme de bandes vidéo puis depuis 1996 sous forme de cédéroms. Dans les cours associés à cette conférence de 1989, la formation en direction des artistes a toujours été présente : à titre d'exemple, en 1989, sur les 30 cours deux s'adressait aux artistes "Artist' and Designers" : "Introduction in Computer Graphics et "Experimental Computer Art". Dans le "Computer Graphics Theater" sont présentés des applications de point de l'image de synthèse en particulier dans le domaine des installations interactives et de la production audio-visuelle.

1.2. La bataille des standards : Fin des années 70 - début des années 80

Cette première phase est suivie de toute une activité visant à élaborer des standards pour l'industrie des matériels et des logiciels graphiques, activité qui a conduit en 1978 à l'élaboration d'une norme ISO.

Cette étape a bouleversé considérablement le paysage scientifique et industriel en matière de synthèse d'images. Le domaine était dominé par Hewlett-Packard et Tektronix et la technologie de base pour la visualisation était celle des écrans à balayage dit "cavalier", similaire à celle des outils de dessins (tables traçantes). La technologie des écrans dits "raster" (à balayage de type vidéo) était prête. Paradoxalement, cette question qui paraissait a priori secondaire à l'époque, mais qui prend toute son importance aujourd'hui, fut le déclencheur du basculement : celle du statut du "geste graphique" et des outils d'entrée dans les logiciels graphiques dits "de base" : La gestion du "geste graphique" et des outils d'entrée (light pen, tablette graphique) devait-elle être interne au logiciel graphique de base ou devait-elle être laissée à l'application ?

Deux projets se sont affrontés : le projet américain CORE (noyau) et le projet allemand GKS (Graphic Kernel System). La France a activement participé à ces travaux de standardisation et a émis une proposition de normalisation. Malgré la clairvoyance des pionniers français en matière d'importance de la notion d'interactivité (cf les Workshops IFIP, Seillac I "Methodology in Computer Graphics", et Seillac II "Methodology of Interaction" en mai 1976 et mai 1979, organisés en France par R.A. Guedj), la proposition de la France n'a pas été acceptée.

Après plusieurs années de discussion, la norme adoptée vers 1982 par l'ISO (International Standard Organisation) fut celle proposée par les allemands, leur permettant la mise en place du puissant laboratoire de recherche de Darmstadt par J. Encarnaçao.

Mais les grands gagnants de la bataille des standard furent, par ricochet, les industriels des écrans à balayage vidéo.

En effet, la résistance des grands industriels de la visualisation scientifique (Hewlett-Packard et Tektronix) à l'intégration du geste graphique dans le logiciel graphique de base a eu comme conséquence :

- la perte pour eux de la bataille de standard en matière de structure des logiciels graphiques,
- la perte pour eux du marché des terminaux graphiques dans le domaine de la synthèse d'image et leur repli dans leur secteur d'origine de la métrologie,
- la montée de la jeune industrie des écrans raster (1980) intégrés dans le nouveau standard,

- la naissance au niveau industriel d'un secteur nouveau, appelé l'infographie (machines et logiciels). (dépôt du terme en 1974 par la société BENSON).

Note

En 1979, l'Office National du Film Canadien embauche Daniel Langlois, qui rend en charge l'informatique, participe à la réalisation des logiciels pour le film Tony de Peltrie en 1985 et crée dans la foulée la société Softimage.

1.3. La naissance du Centre Mondial de l'Informatique en France et du Media Lab aux USA

Bien que dépassant largement le domaine de la synthèse de l'image, un autre point clé en ARTS et SCIENCE dont il faut faire état, fut la création du Media Laboratory au MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Dans les années 1970 à 1980, un laboratoire du MIT, l'Architecture Machine Group, était particulièrement actif en matière de conception de machines informatiques nouvelles et en particulier en terme de ce qui allait donner dans les années 1990, le domaine des Réalités Virtuelles.

Fondé en 1968 par Nicholas Negroponte, futur directeur du Centre mondial de l'Informatique en France et futur directeur du Media Lab du MIT, son objectif premier était de pousser plus loin l'un des axes préconisé par Sutherland, celui de l'interaction homme-machine. Les premières recherches approfondies sur l'interactivité gestuelle y furent initialisées, avec la commande tactile directe sur des écrans par capteurs de forces, le développement du futur DataGlove, vulgarisé en 1983 par Jaron Lanier et la tentative de réalisation de systèmes à retour d'effort et en particulier d'un Data Glove à retour d'effort qui n'a réellement jamais vu le jour.

En 1981-1982, ceux qui deviendront les fondateurs du Media Lab, Nicholas Negroponte (Architecture Machine Group du MIT), Seymour Papert (Artificial Intelligence lab du MIT) et Marvin Minsky (Artificial Intelligence Lab. du MIT) sont invités en France par Jean-Jacques Servan-Schreiber pour fonder le Centre Mondial de l'Informatique. Celui-ci fut en fait une préfiguration du futur Media Lab.

L'arrêt du projet du Centre Mondial de l'Informatique deux ans après sa lancée a ramené ces dirigeants au MIT au sein du tout nouveau Media Lab.

1.4. L'explosion de la synthèse d'images - milieu des années 80

Malgré la réussite de l'Allemagne en ce qui concerne le standard des logiciels graphiques, cela profite surtout à la technologie hardware des écrans et par voie de conséquence aux USA qui auront une place assez hégémonique jusqu'au début des années 1990.

Pour la France, la phase pionnière se termine mal. Les chercheurs se replient dans les laboratoires universitaires et les relations nationales et internationales diminuent, faute de crédits et de stimulation. Le groupe de travail AFCET, fondé en 1972, qui a fait vivre et a

stimulé la première phase, malgré le petit nombre d'individus impliqués dans l'informatique graphique disparaît, sans pouvoir être vraiment remplacé. La synthèse d'images est dévalorisée et n'a pas statut de lieu de recherche à part entière. Les recherches en informatique graphique sont peu considérées dans les laboratoires d'informatique. La synthèse d'images a peu de puissance dans les GDR Traitement des Signaux et des Images (TSI). Quelques tentatives de créer des colloques nationaux (3 colloques organisés par le CESTA 1984-86-87, 2 colloques PIXIM 1988-89) pour maintenir la cohésion nationale ont eu lieu qui échouent assez vite et ne pérennisent pas l'activité ainsi que des tentatives pour créer des structures de regroupement de forces nationales (ACM SIGGRAPH France).

Au niveau européen, la création de la société savante EUROGRAPHICS en 1980 et de son colloque annuel ne suffit pas à dynamiser la recherche française, ni même la recherche européenne dans son ensemble, majoritairement tournée vers les USA. Par ailleurs, le colloque EUROGRAPHICS n'a pas l'ouverture, ni le dynamisme de la Conférence SIGGRAPH, en particulier en matière artistique. Dans ce domaine, même si on note la présence d'un "film et vidéo show", leur signification n'est pas la même : il s'agit plus de soirées de divertissement que de lieux de présentation de véritables produits d'art expérimental.

La création du Forum IMAGINA en 1981 cherche à pallier l'absence de l'infographie en France dans les industries de services audiovisuels pourtant très demanderesse. Couplé au Festival de Télévision de Monte-Carlo, le Forum des Nouvelles Images de Monte-Carlo, créé et organisé par l'INA avec Philippe Quéau, se veut une vitrine "*en temps*" des innovations scientifiques conceptuelles et technologiques en matière d'images de synthèse et "*en anticipation*" des besoins de l'audiovisuel. Le Forum des Nouvelles Images a probablement joué un rôle plus dynamisant pour l'infographie française que le colloque Eurographics en Europe.

La majorité des universités pratiquent dès lors des recherches en Informatique Graphique et on assiste à une flambée de création d'entreprises aux USA en particulier.

- Sociétés (avant 1985)

- Robert Abel and Associates et Abel Image Research (Production Robert Abel, Los Angeles, faillite en 1987)
- Alias Research (créé en 1983) - en France depuis 1990
- Wavefront
- Pacific Data Image
- Lucasfilm Ltd
- Pixar
- Cranston-Csuri Productions
- Silicon Graphics
- Digital Productions
- Digital Effects
- Images Transfert
- Magi Synthavision
- ...

-> Mais nombre de ces sociétés font faillite après 1985 (Cranston-Csuri Productions, Abel Image Research, Digital Effects...). Il est probable que le démarrage était trop précoce et que l'amplitude du marché ait été surestimée.

- Art et Culture

Beaucoup de films (à scénario, publicitaires...)

- Vol de Rêve (1982) (court métrage canadien de Daniel et Nadia Thalmann, fondateurs des laboratoires suisses (à l'EPFL et à Genève)

- Vol libre (1982)

- Humanonon (1982)

- Tron (1982)

- Tony de Peltry (1985)

- ...

Une autre activité qui deviendra un pôle important se crée également en Suisse à cette époque : il s'agit de l'implantation de Daniel Thalmann et Nadia Magnenat-Thalmann en Suisse, le premier à l'EPFL, la seconde à l'université de Genève. Outre le fait qu'ils constituent actuellement une force mondiale importante en informatique graphique, le point le plus important à noter est leur orientation explicite et déclarée en production cinématographique et audiovisuelle. Sous toutes réserves, mis à part les travaux en informatique menés à l'Office National du Film Canadien et à l'ACROE en France, c'est le seul laboratoire hors USA et Japon qui se revendique comme travaillant pour le cinéma et non pour la science en général.

Un autre fait d'importance est la création à la fin des années 70 de la société LucasFilm, qui recrute les meilleurs chercheurs en informatique musicale (Andy Moorer, John Snell, Curtis Abbott...) et en informatique graphique (Bill Reeves...) et qui, en plus d'introduire le montage virtuel sur des productions cinématographique à gros budget (avec vocation à rapatrier toute l'activité de montage cinématographique mondiale concurrentiellement avec les studios d'Hollywood), introduit la synthèse de sons et d'images dans le montage pour compenser des raccords (opérations coûteuses en cinéma) ou pour rajouter des effets. Cela a pour conséquence plus tard de changer la prise de vue elle-même sur les films de grande épopée (Star Trek...). L'activité de recherche à long terme prévue a pris fin dans les années 80 en raison de problèmes financiers personnels du financeur, George Lucas.

II. Réactions politiques, institutionnelles et sociales

II.1. La recherche scientifique publique

Après l'échec des années 78, les laboratoires de recherche publics français subsistent mais se replient sur eux-mêmes, démoralisés et faute de moyens. La recherche continue néanmoins de manière souterraine. L'hégémonisme américain en matière de recherche est très fort. On peut parler d'extrême arrogance idéologique et technique. A l'une des premières éditions de Imagin le président du MIT à a tenu un discours ultra - futuriste et ultra - hégémonique, en fait peu crédible, sur la conquête américaine sur toute les activités en matière de synthèse d'image et de communication homme-machine.

Il est extrêmement difficile pour les chercheurs français et européens, de publier dans l'impressionnant SIGGRAPH.

II.2. L'alternative française : le plan Recherche Image, l'agence OCTET, l'Agence De l'Informatique, le CNC-nouvelles technologies

Devant la poussée scientifique et médiatique de l'image de synthèse, et à la suite d'un rapport du Ministère de la communication en décembre 1981, intitulé "enjeux de la recherche image et propositions de développement en France" un groupe interministériel est créé en 1982 en France, sous le nom de Plan Recherche Image. Placé sous la responsabilité du Ministère de la recherche et de l'industrie et du Ministère de la communication, il réunit également le Ministère de la culture, le Ministère des postes et télécommunications, et le Ministère de l'éducation nationale (lettre de mission du 16 avril 1982). Ce groupe remet en août 1982 un rapport intitulé "LA RECHERCHE IMAGE : enjeux et propositions de développement".

Une délégation de visite aux laboratoires et entreprises nord-américaines est organisée. A son retour, les conclusions de la délégation sont formelles : les américains considèrent qu'il n'y a plus de recherche fondamentale à faire en graphique (sauf en ce qui concerne le hardware pour la visualisation) ; tous les problèmes scientifiques sont résolus ou en passe de l'être ; le marché décolle très vite ; les USA se lancent dans la valorisation, intensives des résultats de recherche au sein d'entreprises privées qui se sont attachés les meilleurs chercheurs (Evans et Sutherland, Rank Xerox, Lucasfilm).

-> La recherche Image française subit le contrecoup avec une incitation "morale" de la part de ces dirigeants politiques à créer des sociétés qui effectuerait du transfert de logiciels américain.

Deux déboires caractérisent cette période :

- le premier est le résultat décevant pour la France d'une des premières actions méritoires du Plan Recherche Image ; l'organisation, avec le soutien du secrétariat français au commerce extérieur, de la participation d'industriels et de chercheurs français, au SIGGRAPH en 1985, pour tenter d'amorcer une diffusion et une implantation commerciale. Les USA sont en pleine phase de valorisation de procédés graphiques (dont beaucoup viennent de recherches françaises). Ces procédés sont poussés à un degré de développement extrême. Mais simultanément, on constate la disparition d'informations précises pour des raisons évidentes de secret industriel et de protectionnisme.

-> De ce fait, la délégation française au SIGGRAPH se trouve confrontée de plein fouet au protectionnisme américain Les produits français sont systématiquement dévalorisés, voire tournés en dérision, dans le journal quotidien de l'exposition.

- Le deuxième est la chute rapide de beaucoup de ces sociétés américaines nouvellement créées en synthèse d'images (Cranston Csuri Productions, Abel Image Research, Pacific Data Image, Digital Effects...), tant dans le domaine technologique des matériels et des logiciels que dans le domaine du service (productions de films publicitaires...), au profit de quelques unes (Lucas Film, Silicon Graphics, Alias Research qui s'allie à Wavefront, Pixar...). Les tentatives françaises de création de société échouent. Là aussi, seules subsistent soit les plus anciennes comme Getris Image par exemple (malgré leur petite taille, leur produit vient d'une recherche française bien assise et d'une connaissance intérieure des besoins), soit les plus

soutenues par l'état, comme TDI, Thomson Digital Image, créé par Thomson et l'INA avec le soutien du Plan Recherche Image.

Une deuxième action, très forte, du Plan Recherche Image a été le financement des opérations visant l'incitation à créer un marché et à intéresser des producteurs. Du fait de la participation importante de l'INA et du CNC, ce marché et ces producteurs se sont situés dans le champ de la production cinématographique et télévisuelle :

- tentative de mettre en place de gros centres de production : Images et Ordinateur à Angoulême par exemple ;
- soutien à la création de studios privés de production ;
- soutien à l'informatisation de studio de dessins animés pour favoriser le retour en France de la production de dessins animés émigrée en Asie.

Une des caractéristiques essentielles de cette action a été son orientation vers la production et le poids de l'aval constitué à l'époque par les chaînes de télévision.

D'une part, malgré le dépôt de dossiers assez nombreux de la part des laboratoires dont certains souhaitaient participer activement à ce mouvement vers la production et la création culturelle, à notre connaissance aucun laboratoire de recherche ou assimilé (Strasbourg, ACROE,...) n'a été financé. Le grand espoir que la communauté de recherche française en informatique graphique avait placé dans le Plan Recherche Image a été déçu, en particulier en ce qui concerne le lien entre les laboratoires universitaires et les applications culturelles (le cinéma et la télévision, la publicité...).

Cette faiblesse du soutien de la recherche en informatique graphique n'a été qu'en partie compensée par l'ADI, Agence De l'Informatique, créée à la même époque et qui comptait parmi ses missions le financement de projets de recherche en informatique en France. L'ADI a piloté de 1981 à 1985 un appel d'offre "Image et Informatique". Elle a donc été pour partie le complément "recherche" au Plan Recherche-Image.

D'autre part, les enjeux culturels des

nouvelles images ainsi que les applications en "art

et ordinateur" tiennent une place assez faible dans le rapport d'août 82 du groupe recherche image

D'autre part, les enjeux culturels des nouvelles images ainsi que les applications en "art et ordinateur" tiennent une place assez faible dans le rapport d'août 82 du groupe recherche image.

La politique du Plan Recherche-Image a été relayée par l'Agence OCTET (1984 à 1986), puis par le service Nouvelles Technologies au CNC.

-> La politique du Plan Recherche Image, relayée ensuite par l'agence OCTET et par le CNC-Nouvelles Technologies, est sans conteste à l'origine de l'existence aujourd'hui d'une industrie et d'une formation en image numérique en France.

Une conséquence involontaire et peu visible de cette politique :

-> la conjonction entre les difficultés de la recherche française et la politique du Plan Recherche Image, ont probablement involontairement accentué la séparation de la recherche et de la production en France, séparation inexistante aux USA., et qui est aujourd'hui un point faible de la situation dans le domaine AST - Image.

Les soutiens ont été ensuite relayés par deux autres vecteurs de financement :

- le Club Investissement Media (avec forte participation de l'INA)
- Les Programmes européens MEDIA et CARTOON

Ces vecteurs se sont orientés essentiellement vers l'aide à la production :

- Un des premiers grands axes a continué à être le rapatriement en France de la production de dessins animés de série pour alimenter les chaînes de télévision. L'informatisation pouvait être un atout pour ce rapatriement.
- Le deuxième grand axe est l'intervention dans la formation - école d'art et de cinéma publiques ou privées - par le soutien à des actions de formation.

II.3. Conséquences

Le secteur concurrentiel de l'image de synthèse en France commence à vivre ainsi que les écoles de formation à la production (les étudiants de SupInfoCom de Valenciennes ont obtenu deux prix à IMAGINA 98).

Les sociétés françaises de production d'effets spéciaux et d'images par ordinateur commencent à se multiplier et pour certaines à être compétitives :

- DURAN/DUBOI
- Fantôme
- Ex-Machina
- MacGuff Ligne
- Trimaran
- Médialab
- Sparx
- 2001
- ZA Productions
- XD Productions
- L'Usine à Image
- Gribouille

Mais :

-> Si la "French Touch" commence à être sollicitée dans les productions, les propositions françaises n'intègrent pas aussi vite que les productions outre-atlantique l'innovation scientifique en synthèse d'images.

-> De ce fait, elles ont peu d'avance et restent donc fragiles, puisque c'est un secteur à mutation technologique très rapide.

Ainsi, les producteurs de Toy Story (J. Lasseter, Pixar) intègrent immédiatement dans leur film les innovations les plus récentes des chercheurs américains. Les productions mobilisent un taux très important de jeunes diplômés (PhD). Les animateurs conventionnels ont été très vite intégrés dans une structure de production en synthèse d'images (cas de J. Lasseter dans la société Pixar, cas du film canadien Tony de Peltry...)

En France, les producteurs et les formations professionnelles ouvertes aux nouvelles technologies de l'image ne sont pas en relation avec la recherche et ne viennent pas vraiment chercher la technologie et le savoir-faire dans les laboratoires. Réciproquement, les laboratoires français produisent surtout pour les sciences dures : CAO mécanique, géosciences, médical, robotique,...

-> *Pourtant et malgré tout, la recherche française a un niveau excellent avec de très belles figures qui ont laissé leur nom aux algorithmes les plus utilisés dans tout logiciel d'images numériques, notamment P. Bézier dans les courbes et surfaces, H. Gouraud pour la lumière, et avec des innovations de plus en plus utilisées (tels que le modèle physique par exemple).*

III. Situation actuelle

III.1. Liens avec le secteur universitaire et recherche publique :

En France

Après la phase pionnière dans laquelle elle a été très active et la traversée du désert qui a suivi, la recherche publique française en informatique graphique amorçe une phase de grand dynamisme, et le travail en profondeur effectué pendant plusieurs années porte ses fruits:

- plus d'une **trentaine de laboratoires** affichent une équipe stable d'au moins 5 personnes actives. Les programmes sont précis et enracinés. Tous les thèmes de l'informatique graphique y sont traités. Une bonne partie de ces équipes sont de réputation internationale.
- Ces équipes sont très actives et très dynamiques. Depuis deux ans, des postes de professeurs et de maîtres de conférences en informatique graphique ont commencé à être ouverts dans les universités sur tout le territoire.
- L'informatique graphique se structure progressivement de l'intérieur : quatre groupes de travail permanents avec colloque et séminaires, un pôle "informatique graphique" affiché dans un GDR-PRC du MENRT-CNRS, une société savante, l'**AFIG**, avec un colloque annuel,
- une forte participation aux projets européens et aux appels d'offre nationaux,
- un nombre croissant de formations DEA et DESS et de nouvelles propositions.

A l'étranger

Tous les laboratoires d'informatique affichent une activité en informatique graphique.

Un autre style de machines :

Suite à l'émergence de l'image et du son de synthèse et à la manipulation gestuelle dans l'informatique, on assiste à une mutation du style des machines informatiques : la nouvelle informatique est "à visage humain", sensorialisée et communicante. La majorité des équipes d'informatique graphique française ont pris à temps le virage des nouvelles tendances et affichent les nouveaux mots - clés :

- réalités virtuelles,
- réalités augmentées,
- interaction et dialogue.

Faiblesse de la diffusion aval

Le problème du lien avec l'aval n'en est que plus critique en ce qui concerne:

- les usages culturels (liens avec les formations artistiques fondamentales ou appliquées, lien avec la production cinématographique, audiovisuelle, multimédia, jeux, éducation...)
- l'influence sur les logiciels commercialisés.

-> *les laboratoires d'informatique graphique français n'affichent quasiment pas l'aval culturel.*

Dépendance technologique

L'abandon de toute filière "hardware" par la France et le pouvoir pris par les fournisseurs de terminaux après 1980 a fait que la France et l'Europe sont totalement asservies aux machines nord - américaines. Quelques sociétés, à l'instar de GETRIS Image à Grenoble, ont pu résister pendant de nombreuses années.

Malgré le capital de la France et de l'Europe en matière d'innovation logicielle, l'industrie du logiciel en synthèse d'images ne décolle pas.

-> *L'informatique graphique est un secteur "technologiquement dépendant" et "à évolution rapide". Se maintenir sur les rangs suppose des moyens importants tant en matériel (les composants "image" sont les plus chers des machines informatiques) qu'en capacité de communication. Les gros groupes sont donc mieux équipés en ce qui concerne les relations industrielles et la longévité.*

III.2. Liens avec le secteur économique et le secteur économique lui - même :

L'informatique graphique est un composant technologique clé de l'informatique communicante ou à visage humain (PC, télécommunications, audiovisuel) et décisionnelle (simulation,...). Elle est un composant intérieur de toute machine domestique (Communication visuelle et geste graphique - icônes et souris). Elle couvre donc un champ économique très large. Mais elle se caractérise par une forte dépendance technologique et une mutabilité très rapide des procédés.

Le secteur économique est dominé :

- par des logiciels et machines en provenance :
 - soit de l'industrie lourde pour la CAO (automobile, aéronautique...)
 - soit de l'industrie de l'audio-visuel

- par quelques grandes marques :
 - Silicon Graphics (USA)
 - ...

- par quelques grandes sociétés de production
 - LucasFilm (USA)
 - Pixar (USA)
 - ...

- par quelques grands produits logiciels
 - Softimage (Canada)
 - Alias Wavefront (Canada)
 - Explore (France)

Note :

Il faut remarquer que :

- Softimage a été créé par D. Langlois à partir de ses travaux à l'ONFC
- EXPLORE a été créé par l'équipe de l'INA (Jean Charles Hourcade)

La stratégie des groupes américains :

- à la sortie des laboratoires universitaires, juste après leur thèse, les chercheurs voient leurs compétences immédiatement réinvesties dans la production, d'où le bénéfice d'une accélération scientifique;
- les artistes peuvent travailler directement dans les laboratoires universitaires. Ils utilisent donc directement les dernières innovations (exemple : les modèles physiques pour la synthèse du mouvement);
- les écoles d'art travaillent en collaboration étroite avec les laboratoires universitaires et les industriels. Beaucoup ont développé un secteur New Tech et accueillent des étudiants scientifiques.

La stratégie des groupes français :

- peu ouverts sur les laboratoires, stratégies internes à l'entreprise;
- peu d'amorçage avec les écoles d'art;
- un démarrage de la formation professionnelle et des contrats de qualification en entreprise (cf § formations).

Une nouvelle tendance pour les laboratoires :

- La diffusion libre des logiciels de qualité.

III.3. Bref inventaire des actions engagées en France en Arts Visuels Numériques après le Plan Recherche-Image

Les actions du Ministère de la Culture

Dans les dix dernières années, à la suite des actions du Plan Recherche Image et de l'Agence OCTET, une multiplicité d'autres actions ont existé, traduisant à la fois la prise de conscience de l'enjeu et un certain flou dans ce qu'il conviendrait de faire et dans quelles voies s'engager prioritairement.

Citons Pierre Musso dans un rapport commandé en 1990 par le Ministère de la Culture "Pour un Bauhaus Electronique : la création artistique et les nouvelles technologies" :

" Ce qui domine l'organisation des rapports entre les arts plastiques et les nouvelles technologies, c'est l'absence d'une approche globale, d'un interlocuteur unique pour les divers partenaires... Or la France dispose de nombreux créateurs et de multiples projets et initiatives dans ce secteur : il est temps de les valoriser par une mise en synergie, pour leur donner une grande visibilité internationale".

Comme cela a été décrit précédemment, le Ministère de la Culture s'est fortement impliqué dans ce domaine dans les années 80-82 : en témoigne la création de l'agence OCTET, qui disparaît vers fin 85 - début 86.

A la disparition de l'Agence OCTET, les financements du Ministère de la Culture dans ce secteur se partagent entre trois services :

- le CNC, le centre National de la Cinématographie;
- la DAP, la direction aux Arts Plastiques;
- la DDF, la Délégation au Développement et aux Formations.

La D.D.F.

La DDF s'est surtout orientée dans le soutien et dans le développement des moyens de formations, et des manifestations "multimédia".

Le C.N.C.

La politique du CNC a été largement décrite dans le paragraphe ci-dessus. En résumé, le CNC s'est attaché à développer l'industrie du numérique autour du cinéma, du dessin animé et de l'audiovisuel en général, à développer l'information (conférences Cartoon en France, Imagina...), à aider des réalisateurs et des producteurs à se former aux nouvelles technologies, en particulier le dessin animé assisté par ordinateur.

La D.A.P.

Les aides de la DAP sont essentiellement des soutiens aux artistes et s'effectuent majoritairement via le FIACRE (allocations aux artistes, crédits d'exposition). Les actions du FIACRE en faveur des artistes utilisant les nouvelles technologies sont très importantes. P. Musso nous indique qu'elles se montaient à 3,2 millions de Francs pour 1989. Cependant, la problématique Art - Science - Technologie n'est pas au cœur des orientations de la DAP, même si elle a été affichée comme thème d'étude en 1995: certains groupes de recherche ont pu en bénéficier. Ce qui fait regretter à Pierre Musso l'absence "d'une grande institution de référence, sorte d'IRCAM pour l'image et les arts visuels".

Soutien aux artistes

La DAP est largement aidée par les DRAC (Directions Régionales des Affaires Culturelles) qui poursuivent sur les terrains de proximité la politique des organismes centraux.

Les collectivités territoriales, ainsi que de nombreuses institutions culturelles et des associations, ont pour l'essentiel suivi également cette politique. C'est le cas de beaucoup de lieux en France qui ont créé des centres des arts ou des pépinières d'artistes.

Parmi les entreprises les plus significatives dans ce domaine, nous pouvons citer (sans pouvoir être exhaustif) :

- le Métafort d'Aubervilliers
- l'Ecole Supérieure d'Art du Fresnoy à Tourcoing dirigé par Alain Fleischer
- le CNAT (Centre National Art et Technologie, créé en 1987 à la Maison de la Culture de Reims)
- le CICV, Centre International de Création Vidéo de Montbéliard
- les associations d'artistes comme
 - ASTARTI,
 - Grand Canal (Dominique Belloir et Alain Longuet)
 - Ars Technica (Piotr Kowalski)
- le projet CYPRES de Louis Bec et Jean Biaggini à Aix en Provence
- Le projet "Artistes en réseau" de Dan Foresta
- le CREACI, Centre de Recherches et d'Etudes en Arts et Création Industrielle, créé par Patrick Saint Jean à l'ENS-Cachan
- le LACTAMME, à l'Ecole Polytechnique, créé par Jean François Colonna

ainsi que diverses manifestations (IMAGINA mise à part, cf. paragraphe précédent) :

- l'exposition Electra au Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris par Frank Popper en 1983
- l'exposition "les Immatériaux" au CNAC Georges Pompidou par Jean François Lyotard en 1985
- la Biennale des Arts Electroniques de Rennes par Joël Bouteville
- la Revue Virtuelle du CNAC Georges Pompidou et du Musée d'Art Moderne par Martine Moinot, Christine van Assche et Jean Louis Boissier
- l'exposition "Artifices", de la Ville de Saint Denis et de l'université Paris 8 par Jean Louis Boissier et Pierre Courcelles en 1990
- le numéro spécial du C.C.I. (Centre de Création Industrielle) "Les chemins du Virtuel - Simulation Informatique et Création Industrielle" par Jean Louis Weissberg et Martine Moinot en 1989
- l'exposition "Passage de l'image" au CNAC Georges Pompidou en 1991

et plus récemment :

- la fondation de la Galerie d'Art en réseau @ART+Com Gallery à Paris en 1993 par Jean-Paul Longavesne
- la fondation de ARS MATHEMATICA par Christian Lavigne, Alexandre Vitkine, véritable pionnier en France de la sculpture numérique, et Tim Duffield en 1993 lors du Computer and Sculpture forum aux USA
- la quatrième édition d'INTERSCULPT en 1999 à Paris, soutenue par le Sénat et la ville de Paris.
- ...

Les projets d'artistes se développent également à l'intérieur des écoles d'art qui, par vocation, incluent de manière très forte dans leur formation des réalisations de projets (cf. [sites Internet](#)). Il peut s'agir de projets d'étudiants (nous avons vu des projets d'étudiants de SupInfoCom, de CFT Gobelins ou de la FEMIS primés ou remarqués à IMAGINA 1998). Il peut s'agir également de projets d'enseignants, comme c'est le cas pour Jean-Paul Longavesnes à l'ENSAD.

Le groupe de réflexion sur les nouvelles technologies à la DAP

En juin 1993, à la demande de François Barré, Délégué aux arts plastiques, un groupe de réflexion sur les nouvelles technologies, composé de Paul Virilio, responsable scientifique, Louis Bec, Martine Bour, Edmond Couchot, Thierry de Duve, Anne-Marie Duguet, Norbert Hillaire, Piotr Kowalski, Jean Zeitoun, avec l'assistance technique d'Edouard Non, a entrepris de "concevoir les lignes de force d'une politique à court, moyen et long terme mettant en place des structures adaptées et proposant des actions dans le champ des relations arts et technologies. Ce rapport, de quelques 300 pages, brosse "un panorama d'un ensemble de problèmes posés par les nouvelles technologies dans les domaines artistique, pédagogique, philosophique, épistémologique ... " et cherche "à traiter plus particulièrement le territoire de la création artistique dans le domaine des arts plastiques dans le cadre des missions de la DAP : formation, commande publique, création artistique, diffusion, relations avec l'université, relations avec les milieux industriels, relations internationales."

Dans ce rapport, E. Couchot fait bien apparaître la plus grande résistance des artistes plasticiens, en comparaison des musiciens, à accepter l'intrusion du numérique : pour ces artistes, la peinture restait la référence absolue. Couchot note que ce mouvement a commencé à s'inverser lentement à partir d'un progrès de la démocratisation des machines de synthèse d'images vers le milieu des années 80. "Dès lors que les questions posées par le numérique intéressent plus quelques journalistes, philosophes ou sociologues que les critiques d'art ou les administrateurs de musées (dont beaucoup s'interrogent encore sur l'intérêt de la vidéo ou la photo)", la majorité des projets (y compris les suites espérées de ce rapport de 1993) ont été sans lendemain, malgré de nombreuses velleités de stimulation politique ou technologique (rapport Création et Technologie en 1982, projet d'une école d'art et de technologie dans le Nord-Pas-de-Calais, Groupe de réflexion "Nouvelles technologies" de la DAP, etc...)

En contraste avec la tiédeur des milieux artistiques, les axes de recherche scientifiques et technologiques mis en avant dans ce rapport, (basés essentiellement sur la cognition, le langage, l'intelligence artificielle, les algorithmes génétiques et autres processus numériques de morphogénèse), se projettent bien trop en avant par rapport aux thèmes scientifiques maîtrisables à cette époque : les méthodes numériques "conventionnelles" de synthèse de formes visuelles (modèles géométriques de formes, modèles cinématiques de déformations, modèles spectraux de lumière ...) dont on commençait à percevoir qu'elles pourraient se démocratiser, étaient en plein essor et pourtant non encore intégrées ni même intégrables par les artistes, alors que les recherches en intelligence artificielle ou en sciences cognitives apparaissaient (et apparaissent encore aujourd'hui) comme des secteurs très nouveaux en image numérique, et ceci malgré leurs avancées et ouvertures fondamentales et la profondeur de leur utilisation dans les projets artistiques cités.

Dans ce rapport, Norbert Hillaire brosse en dix-huit points synthétiques les principaux problèmes qui se posent à la relation entre création artistique et nouvelles technologies : sous-

estimation par les artistes des enjeux technologiques et de leur portée épistémologique, écart des "arts technologiques" par rapport au marché de l'art, goût passéiste et réticence du monde technoscientifique par rapport à ces nouvelles formes artistiques, rareté des oeuvres substantielles, position de repli des médiateurs culturels, coût élevé des nouvelles technologies, problèmes de la diffusion et de la maintenance des oeuvres, difficulté de la pluridisciplinarité nécessaire pour appréhender le rôle et le devenir de ces nouveaux arts technologiques, problème de l'inadéquation de la division territoriale et institutionnelle, éparpillement des manifestations et difficulté d'une réflexion de fond suivie, inexistence de la critique d'art en cette matière, nécessité d'une articulation nouvelle entre lieux de création et lieux de diffusion, place problématique dans les dispositifs pédagogiques et lien mal défini avec les techniques traditionnelles, difficultés administratives pour l'accueil de projets artistiques, absence de coordination entre les différentes sources d'analyse et de recherche, ambiguïté de la relation entre le champ d'expérimentation esthétique et le monde industriel, déclin des avant-gardes et confusions possible entre artistes authentiques et créatifs publicitaires.

Sans prétendre résumer ici ce volumineux rapport, on souligne un point important, largement repris sous diverses formes dans les diverses contributions : la question des conditions de l'émergence d'une "mésologie" (néologisme qui signifie "sciences des milieux") entre la création artistique et les nouvelles technologies, projet qui ne vise pas une assimilation réciproque de l'art et de la technologie, et qui ne cherche pas à faire naître un juste milieu, mais qui se présente comme le "lieu d'une singularité" en continuelle redéfinition, et qui insiste sur la nécessité d'une immersion plus profonde de l'artiste dans les milieux technologiques (le contraire de la "salle des Macintosh" dans les écoles d'art), bien que cela conduise inexorablement à une redéfinition des frontières sociales ou intellectuelles.

En ce qui concerne les propositions, ce rapport préconise :

En matière d'organisation :

1. la mise en place d'une structure transversale interministérielle (huit Ministères sont cités) pour laquelle la plus grande souplesse et la plus grande compétence est demandée;
2. la mise en place au sein du Ministère de la Culture d'une cellule transversale entre les directions associant formation, création, patrimoine, recherche et technologies;
3. l'organisation d'une meilleure transversalité au sein de la DAP, et la mise en place d'un module "technologies" et d'un groupe de réflexion permanent;
4. des actions de sensibilisation des responsables de culturels des DRAC et des régions;

En matière de pratiques artistiques liées aux technologies

1. informer : création d'un réseau de ressources;
2. expérimenter, réaliser : consolider les lieux existants, accueil d'artistes en milieu scientifique, identification de nouveaux lieux, aides à la création et commande publique;
3. diffuser, montrer : aides régulières aux manifestations-clés du domaine;

En matière de formation

1. consolider les sites existants, diffuser le matériel pédagogique;
2. créer de nouveaux modules pédagogiques;

En matière d'édition

création d'une librairie de culture technique au Centre national du Livre.

-> Ces propositions sont restées à notre connaissance sans effets.

Diffusion

Dans la même période (début des années 90), deux revues importantes de l'art contemporain consacrent vers la même époque un numéro spécial sur les nouvelles technologies selon deux approches complémentaires, la première avec un lien très étroit avec l'innovation technologique et la seconde très liée aux préoccupations artistiques :

- en 1989, les cahiers du CCI édite "Les chemins du virtuel : simulation informatique et création industrielle", coordonné par Jean-Louis Weissberg et Martine Moinot;
- en 1991, la revue Art Press édite un numéro spécial intitulé "Nouvelles technologies : un art sans modèle", coordonné par Norbert Hillaire et Michel Jaffrenou, qui propose un ensemble de textes d'orientations politiques et philosophiques ainsi qu'un ensemble de projets d'artistes (textes de N. Hillaire, M. Roman-Monier, B. Stiegler, A. Fleischer, P. Virilio, P. Petit, P. Quéau, E. Couchot, J-L. Weissberg, J. de Noblet ... et projets de J. Shaw, C. Faure, F. Forest, J-L. Boissier, P. Kowalski ...). Le titre en lui même indique justement la difficulté de la mutation à opérer pour l'artiste plasticien du début des années 90 : après le dépassement de la "galaxie Gutenberg", alors même que nous n'en sommes qu'à tenter d'intégrer la "galaxie Edison" (Courbet : "le cerveau, libre de l'artiste doit être comme une plaque sensible, un appareil enregistreur ..."), faut-il déjà oublier "le modèle"? La mutation semble aussi douloureuse qu'elle l'a été pour Pierre Schaeffer et les fondateurs de la musique radiophonique et de la musique concrète. Face à cette difficulté actuelle, le saut proposé par les tenants des sciences cognitives - "une plaque sensible aux variations mentales ...(B. Requier) - est peut-être conjoncturellement trop important : il justifie a contrario la relative réussite de la politique pragmatique menée dans le cinéma et l'audiovisuel.

III.4. Les formations en Arts Visuels Numériques

Quatre grands types de filières existent qui pour l'instant n'ont aucune relation :

- les filières universitaires ou assimilées en informatique graphique qui recrutent dans le domaine technologique
- les filières des écoles d'arts qui recrutent dans le domaine artistique
- des lycées professionnels en arts qui recrutent pour l'enseignement professionnel
- les formations privées ou les formations liées à la taxe professionnelle

III.4.1. Formations universitaires et assimilées

Les formations universitaires ou assimilées en informatique graphique suivent l'évolution des laboratoires de recherche. On peut recenser aujourd'hui en France une dizaine de DEA et de DESS, qui traitent de l'image de synthèse. Les enseignements prodigués sont des enseignements purement scientifiques et technologiques : mathématique, informatique et physique de l'image numérique en analyse et/ou en synthèse. Ces enseignements diffusent progressivement au niveau des formations du second cycle des universités scientifiques et

technologiques ou des IUT (Instituts Universitaires de Technologies) dans lesquels s'ouvrent de plus en plus des filières de techniciens multimédia.

-> *Cependant ces formations ne forment pas particulièrement aux pratiques artistiques ni aux métiers de l'art et de la production graphique et audiovisuelle.*

-> *Il n'existe pas à notre connaissance de formation spécifique en Art-Science-Technologie dans le domaine des Arts Visuels, qui serait l'équivalent du DEA ATIAM en musique.*

Un cas significatif : la formation universitaire ATI - Paris 8 (cf. [sites Internet](#)):

Dans le domaine universitaire, la formation ATI (Arts et Technologies de l'image) fait figure de cas atypique. Cette formation, créée par Edmond Couchot (artiste et philosophe), Hervé Huitric (artiste), Michel Bret (mathématicien) et Monique Nahas (physicienne), pour ne citer que les principaux fondateurs, est une formation du second cycle de l'université de Vincennes. Elle présente un mélange très fort et très original d'enseignements techniques et artistiques. Elle ouvre à un DEA Esthétiques, Technologies et Créations Artistiques puis à un doctorat Esthétiques, Sciences et Technologies des Arts. Malgré les efforts de ses fondateurs pour faire prendre à la formation ATI l'autonomie et l'ampleur qui leur semblent nécessaires aujourd'hui, les tendances "esthétiques", plus conventionnelles, freinent ce développement. Il est depuis plus de dix ans impossible aux fondateurs de mettre en place une véritable formation autonome et dynamique en Arts - Sciences - Technologies.

III.4.2. Les écoles d'art en Arts Visuels Numériques

A côté des formations universitaires, l'enseignement en Arts Plastiques en France s'effectue dans cinq types de structures qui sont dans des situations très différentes en ce qui concerne le numérique (cf. [sites Internet](#)) (le lecteur peut se référer aux rapports d'activités annuels de la Délégation aux Arts Plastiques) :

- les écoles nationales qui relèvent directement du Ministère de la Culture
 - ENSAD

Ecole Nationale des Arts Décoratifs
EPA sous tutelle du Ministère de la Culture

- FEMIS

Fondation dépendant du CNC
Association 1901 1998
EPIC en projet

Elle n'intègre que très peu l'image numérique. Une mutation semble en cours actuellement, un peu sous la pression des élèves

- ENSCI

Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle
EPIC sous tutelle du Ministère de la Culture

- ENSBA

Ecole Nationale Supérieure des Beaux Arts

- Villa ARSON

Ecole Nationale d'Art de Nice

-
- les écoles d'art régionales reconnues par le Ministère de la Culture
- les écoles d'art municipales
- les lycées spécialisés de l'Education Nationale
- les formations liées à l'entreprise (AFDAS, Contrats de qualification)
-

Les écoles d'art nationales

Les écoles d'art nationales (cf. [sites Internet](#)) ont été très soutenues soit par le ministère de la Culture, directement ou via ses organismes relais. Il en est ainsi de l'ENSAD et de ENSCI qui ont suivi de très près l'évolution des nouvelles technologies en image.

Le parcours de l'ENSAD en image numérique nous semblant significatif : L'ENSAD, EPA (Etablissement Public à caractère Administratif) du Ministère de la Culture, a démarré très tôt avec la synthèse d'image (Jean-François Delpesenaire et Pierre Hénon), dès les années 80 par la *synthèse 3D et le Minitel*.

Elle a participé à l'expérience pilote de Vélizy sur le Minitel en développant du *graphisme sur Minitel*. Elle a été subventionnée sur des fonds recherche par le Ministère de la Culture à l'aide desquels elle a eu une *activité de développement de logiciels* (modélisation, animation, rendu) en étant hébergée sur l'ordinateur IRIS 80 du Ministère de la Culture.

Elle a reçu un soutien assez important du Plan Recherche Image, de l'INA et des deux sociétés importantes en France en synthèse d'images SOGITEC et TDI. Elle a été une des premières à être équipée de machines Silicon Graphics.

L'arrivée des palettes graphiques, le coût des projets et des matériels, puis le raz de marée de la micro ont conduit l'école à abandonner la recherche et le développement de logiciels et à se reconvertir à la micro 3D et la PAO en utilisant des logiciels du commerce.

Elle est équipée aujourd'hui de 200 postes graphiques PC, de vidéo numérique, de photographie à 50% numérique et dispose d'une infrastructure réseau à 100 Mb.. L'infographie est très intégrée dans l'école puisque 50% d'enseignants l'utilisent.

Mais il n'y a pas d'enseignants d'infographie en titre. La recherche a également été abandonnée. Selon Pierre Hénon, il faudrait que des personnels de type enseignants - chercheurs similaires à ceux des universités puissent se trouver dans de telles structures.

Les écoles d'art régionales

Les écoles d'art régionales comme Rennes, Toulouse, Poitiers, Saint Etienne, Bourges, Limoges, Dijon, Nancy ...etc, font preuve d'un certain dynamisme. Mais elles ne peuvent guère aller au delà de l'acquisition de matériels et de logiciels. La situation de l'image numérique en leur sein, compte tenu de son coût et de son évolution rapide, est donc très fragile.

Les écoles d'art municipales

Parmi les écoles d'art municipales, certaines (Grenoble, Marseille, Aix en Provence...) s'ouvrent au numérique, mais il faut tenir compte là de la spécificité de chacune, la notion

d'école (au sens de courant de pensée ou de savoir-faire) étant très forte dans le domaines des arts plastiques.

III.4.3. Les lycées professionnels en Arts Visuels Numériques

Les lycées de l'Education Nationale ont statut d'établissements du secondaire. Ils devraient suivre l'évolution de ceux-ci en matière de technologies numériques. Ils pourraient être une force motrice dans l'insertion du numérique dans les arts visuels.

III.4.3. Les formations sur financements privés ou sur taxe professionnelle

Les formations sur financements privés fonctionnent avec le soutien des CCI sur des fonds AFDAS ou par des contrats de qualification en entreprise. Sur projet de formation, elles peuvent recevoir également le soutien du CNC ou du programme européen MEDIA.

- SupInfoCom

Ecole financée par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Valenciennes, sur projets par le CNC, sur taxe d'apprentissage

- CFT Gobelins,

Formations financées par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris

Elles forment aux techniques, machines et logiciels, clés en main, en relation très étroite avec les sociétés utilisatrices (effets spéciaux, 3D, animation...).

Elles sont donc très liées à l'aval, ce qui leur confère une certaine efficacité. Cette efficacité a pour corollaires des difficultés en matière d'anticipation pédagogique et une certaine fragilité liée à celle de l'économie du domaine.

-> L'évolutivité, le maintien à niveau et surtout la qualification requise par cette activité au sein d'une école d'art, de quelque statut qu'elle soit, requièrent que lui soient affectés non seulement des moyens matériels mais également du personnel scientifique et technique de haut niveau qui sache conserver le lien avec la recherche et l'innovation.

Quelques formations reçoivent le soutien du programme européen MEDIA, comme EDA (European Digital Arts) en Allemagne ou l'ITHAC-FEMIS en France.

III.5. Les domaines concernés : champs disciplinaires, corps de métiers, créneaux socio-professionnels...

cf. Stratégies scientifiques en en arts visuels

IV. La mutation des contenus et évolution des techniques

Dans la phase de développement (après 85 environ), deux domaines se distinguent :

- *l'interactivité* : un point clé de la bataille des standards a été le statut du "geste graphique" et la norme a favorisé le développement de terminaux graphiques interactifs et la conception des interfaces utilisateurs
- *la synthèse de l'image* : algorithmes et modèles, sous hégémonie "outré Atlantique".

IV.1. L'interactivité

L'évolution des machines graphiques et les choix effectués lors de la bataille des standards ont posé les conditions de l'interactivité contemporaine, sur laquelle ont pu se construire toutes les innovations telles que celles menées chez Xerox PARC. En effet, un des points clés de la standardisation a été la position du geste dit "graphique" dans le logiciel graphique. Le choix a été celui de l'intégration du geste graphique dans le logiciel graphique de base, à présent intégré en standard dans toutes les machines informatiques et permettant la gestion des écrans, icônes et souris. La France n'a joué aucun rôle dans ces innovations, bien que les chercheurs français aient été très moteurs dans le développement des premières machines graphiques (le terme "infographie" a été déposé en France en 1974 par la société BENSON).

IV.2. La synthèse de l'image

La synthèse de l'image a explosé successivement sur les thèmes scientifiques suivants :

- tout d'abord la modélisation de la forme
- puis la modélisation de la couleur et de la lumière
- enfin la modélisation et le contrôle du mouvement

a. La représentation numérique des formes spatiales

La représentation numérique des formes spatiales s'est tout d'abord intéressée à la description de formes volumiques manufacturables ou manufacturées aux géométries simples (cubes, sphères...) ainsi que leur assemblage. Toutes ces recherches ont ouvert le domaine de la CFAO, Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur.

Elle a abordée ensuite la description de formes dites "libres" définies par leur contour, comme les formes aux lignes souples des objets naturels (corps humain, végétaux...), ou bien des objets manufacturés obtenus par emboutissage, pressage, ou moulages (carrosserie de voiture, pièces mécaniques complexes, formes d'artisanat...). C'est un français, Pierre Bézier, ingénieur chez Renault, qui s'est illustré dans ce domaine dès la fin des années 60. Le mode de raisonnement qu'il a suivi est à noter comme exemple fondateur de la relation "art et science" : en observant les artistes maquettistes et stylistes qui mettent au point les formes externes des carrosseries de voitures et obtiennent ainsi des formes douces et lisses non descriptibles par des formes géométriques standard, Pierre Bézier a mis pragmatiquement au point un formalisme mathématique permettant de décrire ce type de courbes et de surfaces et de les manipuler par déformation locale de la même manière qu'un styliste.

C'est le secteur de la CAO (Conception assistée par ordinateur) qui a tiré tout le domaine, secteur dans lequel l'industrie et la recherche française ont d'indéniables lettres de noblesse avec une figure comme P. Bézier et des logiciels tels EUCLIDE ou CATIA développés par les grands groupes privés (Renault et MATRA), à partir des recherches de Brun au LIMSI pour EUCLIDE.

-> les logiciels de synthèse d'images actuels sont dans une grande proportion basés sur ces concepts.

-> On peut alors se poser la question de savoir pourquoi ces logiciels n'ont pas donné lieu à des outils pour la production artistique et culturelle alors que leurs concepts sont à la base de tous les logiciels de synthèse d'images actuels, en particulier ceux utilisés dans les applications artistiques et culturelles.

b. La représentation numérique de l'apparence lumineuse, surfacique et colorée des objets

Cette préoccupation s'est fait jour un peu avant les années 80. Là encore, la recherche des laboratoires français s'illustre avec l'algorithme de Gouraud, l'un des plus utilisés. Le terme anglais "rendering" utilisé pour désigner cette partie de la recherche en synthèse d'image, et traduit en français par "rendu", décrit bien la façon dont l'image était considérée à l'époque : l'image finale est obtenue en appliquant à l'objet spatial une sorte de cosmétique de surface. Elle a donné lieu à ce que l'on a appelé du placage de texture, nec plus ultra des années 80, qui, comme son nom l'indique consiste à "coller" sur le pourtour des formes géométriques des motifs permettant de donner un aspect marbré, granité ou tissé à l'objet. Ce procédé est très limitatif en ce qui concerne la représentation fine de la surface des objets - effet "papier cadeau" - mais il est d'une incontestable efficacité. Puis ce secteur de recherche s'est considérablement enrichi et a très vite donné lieu à de nouvelles façons de voir ainsi qu'à de nouveaux procédés de modélisation de la matière des objets et de son interaction avec la lumière, produisant des images d'une finesse de plus en plus grande : prise en compte de l'état de surface des objets (modélisation de la réflexion spéculaire, diffuse...), prise en compte de la réaction du matériau à la lumière (réfraction, absorption...), prise en compte de la nature du milieu ambiant (traversée d'un vitrail, d'une couche de fumée, d'un nuage...).

c. La représentation numérique du mouvement

Aux côtés de la forme, de la couleur et de la lumière, le troisième attribut de l'image est le mouvement.

Pendant longtemps, jusque vers le milieu des années 80, donc bien après les percées en représentation des formes, couleurs et lumières, l'animation par ordinateur a consisté à copier le procédé cinématographique image par image. La méthode consiste à calculer non pas une forme, mais un ensemble de formes et à les mettre en succession. Puis l'animation a consisté à appliquer "a posteriori" à des objets rudimentaires (sphères, parallélépipèdes...) des déplacements mathématiquement simples tels que des translations et des rotations. On a vu alors planer dans l'espace sphères et parallélépipèdes aux mouvements de travelling rudimentaires. Dans ces cas extrêmement restreints, la forme et le mouvement peuvent être pensés indépendamment et appliqués l'un à l'autre lors de deux étapes successives. Ces

procédés sont similaires au placage de texture, et on pourrait parler de "placage du mouvement".

Comme en général il n'y a pas indépendance entre forme et mouvement, dans l'idée même de déformation, ces procédés sont très limitatifs. Ce n'est donc que vers le milieu des années 80 qu'une véritable recherche sur la représentation et le calcul numérique des images en mouvement s'amorce d'une manière générale avec l'apparition de différents modèles de représentation des déformations et des transformations. Les deux voies nouvelles qui s'ouvrent alors sont la modélisation physique des corps en mouvement et les processus de morphogenèse ou de vie artificielle.

Là encore, les pionniers sont en France. L'ACROE pratique des modèles de déformations par modèles physiques dès le début des années 80 (sous contrat Agence De l'Informatique et après rejet des projets de films sur cette technique par le Plan Recherche-Image) alors qu'elles n'apparaissent en recherche aux USA que vers les années 85-86.

d. Le contrôle du mouvement numérique

Une forme complexe ne peut être définie manuellement point à point. C'est cela qui a conduit au développement d'interfaces conviviales permettant aux utilisateurs de manipuler des entités géométriques et spatiales d'une certaine complexité. Mais il est encore plus difficile de maîtriser point à point et instant après instant une forme en mouvement. C'est là une des difficultés majeures du cinéma d'animation. Le saut scientifique et technologique est ici encore plus récent, vers le début des années 90.

Une première généralisation a consisté en la notion de fonction d'évolution. Présente dans les travaux de pionniers dès les années 70, comme ceux de F. Martinez à l'IMAG à Grenoble, l'un des fondateurs de la société GETRIS Image, la fonction d'évolution est une description de l'évolution au cours du temps d'un paramètre quelconque d'une image (couleur, taille, forme, position...).

Elle se continue dans un courant en vogue actuellement, celui de la "capture du mouvement", où le véritable bouleversement vient du fait de l'introduction explicite du geste comme élément de communication avec les objets numériques (appelés aujourd'hui "virtuels"). Par ce biais, l'instrumentalité "live", apanage du jeu musical, fait intrusion dans les arts de l'image par le biais de l'image de synthèse. Les procédés de "capture du mouvement" s'introduisent progressivement dans les outils de synthèse d'images et seront très vite une modalité courante de maîtrise des mouvements. Des nouvelles installations artistiques interactives (ZKM, ZA Production...) vont d'ores et déjà dans ce sens.

La mise en mouvement d'objets virtuels trouve son expression la plus sophistiquée et la plus aboutie dans la manipulation gestuelle à retour d'effort. Dans ce cas, à l'instar du marionnettiste, du sculpteur ou de l'instrumentiste musicien, non seulement, l'animateur "conduit" ses acteurs et objets virtuels : mais, par le fait qu'il perçoit leur comportement de manière corporelle et proprioceptive, ces conduites s'effectuent "en connaissance de cause physique", c'est à dire en appréciant la matérialité des objets. C'est ainsi que les mouvements peuvent être plus fins et les articulations dynamiques plus expressives. Ces outils d'interaction gestuelle diffusent actuellement rapidement dans les centres de recherche et les laboratoires et définissent la base d'une nouvelle race de machines, "les simulateurs instrumentaux", intégrant synthèse d'images, contrôle gestuel et synthèse de sons. De nombreux simulateurs

d'apprentissage de tâches dextres (telles que des tâches chirurgicales) sont en cours d'expérimentation dans les laboratoires de recherche.

Là encore, la France est technologiquement pionnière et encore une fois, aiguillonnée par une demande exigeante, celle de la création artistique.

V. Quelques conclusions

1. La politique déterminée du CNC, couplée au Programme Européen MEDIA et au Club Investissement MEDIA a eu comme effet de **bien positionner la France dans la production audiovisuelle et cinématographique**. Elle peut se lancer aujourd'hui dans le domaine des jeux et du multimédia.

2. L'image numérique et l'interactivité **dissolvent les frontières entre cinéma, audiovisuel et arts plastiques**. Les institutions culturelles conservent ce découpage : DAP et CNC par exemple; les institutions de diffusion commencent à y échapper (cf. les installations interactives). Il y a émergence de nouvelles catégories artistiques : la production artistique coopérative, les installations interactives, arts cinétiques numériques...

3. Les institutions et initiatives ayant pour mission l'audiovisuel ont développé la production, mais défavorisé la recherche et l'art.

4. Les institutions et initiatives ayant pour mission la production artistique et culturelle ont peu développé la recherche et la production (faiblesse devant la nouvelle situation économique ouverte par les réseaux).

5. La recherche en informatique graphique en France dispose de potentialités certaines en terme de capital scientifique et de dynamisme. Le nombre de chercheurs y est assez importants : de l'ordre d'une trentaine de laboratoires et de 300 chercheurs.

6. Les arts visuels numériques en France alignent également un nombre important d'artistes et d'initiatives artistiques nouvelles : de l'ordre d'une trentaine de projets et structures de taille et de pérennité significatives et quelques 150 à 200 personnes artistes et enseignants, dont une dizaine de sociétés privées et une quinzaine de structures de formations.

7. Dans le domaine des arts visuels numériques, il n'y a pas en France de liens entre les institutions et activités scientifiques et technologiques et la production artistique et culturelle.

8. Cette absence de liens fragilise le domaine des Arts Visuels Numériques. La production scientifique et technique est limitée en terme d'utilisation de ces innovations. La production artistique et culturelle est influencée par une idéologie consumériste sans ascendant sur l'évolution culturelle. Les créativités industrielles, scientifiques et artistiques ne bénéficient pas des besoins, analyses et idées de chacun de domaines arts et Sciences.

9. **Deux mots - clés et quelques propositions :**

transversalité scientifique & transversalité artistique

- > favoriser les nouvelles formes artistiques en Arts Visuels Numériques et les nouvelles formes artistiques transdisciplinaires;
- > favoriser le rapprochement entre recherche scientifique et recherche artistique;
- > œuvrer à la prise en compte des besoins culturels sur les développements technologiques (nouveaux outils);
- > doter les organismes de formation artistiques et de soutien aux artistes de compétences techniques et scientifiques de haut niveau;
- > permettre aux laboratoires de recherche d'accueillir des projets artistiques de haut niveau.

Références

- Actes des Journées de l'AFIG, association française d'Informatique Graphique, annuel
- ADI - Appel d'offre "Image et Informatique", 1981.
- Banc-titre INA - N°16. 1981.
- Bret (M), "Images de synthèse", Dunod, Paris 1988.
- Bibliographies on Computer Graphics and Vision - The collection of Computer Science.
- Bibliographies, <http://wheat.uwaterloo.ca/bibliography/graphics/acm.siggraph.html>.
- Sous la direction de M. Borillo & A. Sauvageot. " Les cinq sens de la création de la création - Art, technologie, sensorialité" - Collection Milieux - Champ Vallon, Seyssel, 1996 .
- Borillo (M) & Sauvageot (A) (sous la direction de). " Les cinq sens de la création de la création - Art, technologie, sensorialité" - Collection Milieux - Champ Vallon, Seyssel, 1996 .
- Cadoz (C), Luciani (A) & Florens (J-L). "Exposition système CORDIS-ANIMA et TGR", Forum des Nouvelles Images - Monte-Carlo 1986.
- Cadoz (C). " Les réalités virtuelles " - Collection DOMINOS - Flammarion - Paris 1994. Traduit en espagnol (1995), en coréen (1996), en italien (1996).
- Cahiers du CCI, numéro spécial "les chemins du virtuel : simulation informatique et création industrielle", Jean Louis Weissberg et Martine Moinot, Centre Georges Pompidou - 1989.
- Callet (P). "Couleur-Lumière, couleur-matière" Diderot éditeur, Arts et sciences, 1998.
- Cartoon, Publication périodique de l'Association européenne du cinéma d'animation, Bruxelles, <http://www.cartoon-media.be>.
- CESTA, 1er Colloque Image, Biarritz 1984.
- CNC, Direction des programmes audiovisuels et des industries de l'image et du son. Bilans annuels des actions, soutiens et aides
- Collectif, 1994. Pratiques artistiques et sciences cognitives. Art et Cognition. Edité par Cyprès, Ecole d'art d'Aix en Provence.
- Colonna (J-F). "un système informatique au service de la communication", Ecole Polytechnique, 1976.
- Colloque "Modèles physiques, Création musicale et ordinateur", organisé par l'ACROE, (édité par la Maison des Sciences de l'Homme en 1994), Grenoble 1990.
- Computer Graphics Forum, The International Journal of the Eurographics, trimestriel.
- Conférences des JICA, Journées Internationales du Cinéma d'Animation, Centre International du Cinéma d'Animation, Annecy.
- Couchot (E). "La synthèse numérique de l'image : vers un nouvel ordre visuel", Traverses, n°26, octobre 1982.
- Couchot (E). "L'image : de l'optique au numérique", Hermès, Paris Janvier 1988.
- Coupigny (F). "la fabrication assistée par ordinateur de dessins animés à l'aide du système Psyché-Anim2, Revue Radiodiffusion Télévision, GRT-INA, 1979.
- Culture et recherche, Mensuel éditée par le Ministère de la culture, mission de la recherche et de la technologie, Jean Pierre Dalbéra.
- Dalloz (X). Présentation des tendances de la demande en synthèse d'image, Journées ADI "la synthèse d'image", Grenoble, décembre 1983.
- Délégation aux Arts Plastiques, Rapports d'activité annuels.

Délégation aux arts plastiques, rapport collectif, sous la direction scientifique de Paul Virilio. Groupe de réflexion sur les nouvelles technologies : travaux et propositions. Ministère de la Culture et de la Communication, Juin 1993.

Hillaire (N). 1995. L'art, les nouvelles technologies et le temps. En ligne sur le site du CICV, <http://www.cicv.fr>.

Hillaire (N). Etude pour une nouvelle publication au centre Pompidou. Avec le concours de Nadine Doreau et Katherine Tanneau, pour le compte du développement culturel. 1994. <http://www.cnac-gp.fr>.

Hillaire (N) & Jaffrenou (M). Nouvelles technologies : un art sans modèle. Numéro spécial de la revue Art Press n°12. 1991.

INA, Séminaire d'Arc et Senans, "le traitement et la synthèse d'images appliquées à la création audiovisuelle", Juin 1981, avec la participation de Coupigny (INA), Luciani (ACROE), Rousseau (SFP), Martinez (IMAG), Lucas (Nantes).

INA, Problèmes audiovisuels n°4, "les nouvelles images : des outils pour connaître et agir".

INA, Problèmes audiovisuels n°6, "les instruments pour la recherche artistique".

Le Film français, " le cinéma d'animation", Novembre 1981.

Le Film français, " Génération de nouvelles images pour la TV d'aujourd'hui et de demain", Avril 1982.

Forest Fred. L'art à l'ère du multimédia et l'esthétique des réseaux. Communication et langage, n°106, 4ème trm 1995.

Final report of the GSPC (Graphic Standard Planning Committee), Computer Graphics, a quarterly report of SIGGRAPH-ACM, June 1978.

Golomer (E). "La danse : développement des qualités physiques et psychologiques", la Médecine du Sport, Ed. Anthropos, Paris, 1995.

Golomer (E). "Equilibre dynamique et environnement visuel chez les danseurs hommes de l'opéra de Paris", in Médecine des Arts, Ed. Alexitère, Montauban, sous presse.

Guedj (R.A.) and al. "Methodology in Computer Graphics", Workshop Seillac I, North Holland Publisher, 1976.

Guedj (R.A.) and al. "Methodology of interaction", Workshop Seillac II, North Holland Publisher, 1980.

Guillaume (M). "Art et nouvelles techniques", Quaderni 21, Art et nouvelles techniques, Automne 1993.

Guito (N) & Zeitoun (J). Rapport de synthèse de la mission Informatique et création. Ministère de la Culture, Paris.

Imagina, Les Actes de Imagina, Forum des nouvelles images. Annuel.

Interval Research, <http://www.interval.com>.

Journal IBM Informatique n°13, "Art et ordinateur", 1975.

La lettre du Transputer, spécial synthèse d'image, n°12, décembre 1991.

Le courrier du CNRS, n° spécial Imagerie scientifique 66-67-68, Janvier-Juin 87.

Le livre Imagina. 10 ans d'images de synthèse, INA 1990.

Les actes du colloque "du corps au corpus technologique", avec la participation de Louis Bec, Bernard Stiegler, Sally J. Norman, N+N Corsino, Carole Tafforin, Kitsou Dubois, Organisation et publication Odysseus (Blagnac), 1996.

Longavesne (J-P), Que veulent les nouveaux historicistes ? « Machines à peindre ». L'ÂNE - Le magazine, Freudien - Oct/Déc., 1993 .

Longavesne (J-P). La science et la métamorphose des arts, « Machines à peindre et informatique picturale », Collection Nelle Encyclopédie, Diderot Ed P.U.F, 1994 .

Longavesne (J-P). Où est passée la peinture ? « Les artisans en peinture et le théâtre des machines », Art presse, Hors série Numéro 16 - 1995 .

Longavesne (J-P). Les cinq sens de la création, « Ironie Digitale, Machines à peindre et informatique picturale », Collection Milieux Ed. Champ Vallon, 1996.

Lucas (M). Contribution à l'étude des techniques de communication graphique avec un ordinateur", Thèse d'état, INPG, 1977.

Lucas (M). La recherche en synthèse d'images en France depuis 30 ans, rapport de recherche IRIN, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes, 1995.

Luciani (A). "L'ordinateur outil de création d'images animées à destination esthétique", Rapports ADI, 1982 - 1985.

Luciani (A). "Modèles Physiques et Animation", Imagina 90 - Monte-Carlo 1990.

Luciani (A). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", Revue Les Cahiers de l'Ircam n° 2, novembre 1992.

Luciani (A). "Synthèse du mouvement visuel : quels modèles... ? ", Collection "Recherche Musique et Danse", Actes du colloque "Modèle physique, création musicale et ordinateur", organisé par l'ACROE, (Ed. Maison des Sciences de l'Homme, Paris 1994), Grenoble 1990.

MEDIA. DGX/D/4 MEDIA II Programme, Mr. Jacques Delmoly, <http://europa.eu.int/en/comm/dg10/avpolicy/media/en/home-m2.html>

MediaLab, <http://www.media.mit.edu/>

Ministère de la culture, Rapport "Enjeux de la recherche image et propositions de développement en France", décembre 1981.

Ministère de la recherche et de l'industrie (CESTA), Ministère de la communication (INA), "LA RECHERCHE IMAGE : Enjeux et propositions de développement", août 1982.

Musso (P). Pour un Bauhaus électronique : la création artistique et les nouvelles technologies". Rapport au Ministère de la Culture, de la communication et des grands travaux, 1990.

Musso (P). L'art de l'ordinanthrope. Art Press, n°12, 1991.

Noll (A.M.) , 1967. Computers and the visual arts. In Computers in Design, Design and Planning, n° 2.

Norman (S.J.). Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques. Rapport d'étude à la Délégation aux Arts plastiques, Ministère de la Culture. Cmelopard SARL, 57 rue Montreuil, 75011 Paris (E-mail norman@wanadoo.fr). 1997.

Popper (K.). L'art à l'âge électronique. Hazan, Paris. 1993.

Queau (P) . Le virtuel - Vertus et vertiges, collection Milieu, Champ Vallon, 1993.

Queau (P). Eloge de la simulation, de la vie des langages à la synthèse des images, collection Milieu, Champ Vallon, 1986.

Queau (P). Metaxu, théorie de l'art intermédiaire, collection Milieu, Champ Vallon, 1986.

Proceedings of Eurographics, annuel.

Proceedings of SIGGRAPH, ACM, annuel.

PUCK : la revue de la marionnette et des autres arts N°9 : Images virtuelles, Edition "Institut de la marionnette, Charleville-Mézières - 1996.

Revue internationale de CFAO et d'informatique graphique, Hermès.

Revue Leonardo, Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology, Pergamon Press.

Revue Techné : la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations, éditée par le Ministère de la culture et la réunion des Musées Nationaux.

Revue Virtuelle, Martine Moinot, Christine van Assche, Jean Louis Boissier, CDROM, Centre Georges Pompidou.

Science & techniques, n° spécial l'Avenir des images, hors série n°29, 1980

Science et avenir, n° hors série Images de synthèse, un nouveau monde créé par l'ordinateur, mai 1984.

"Séminaire "Informatique, Geste Instrumental et Composition Musicale", ACROE, Grenoble, Octobre 1988.

Siggraph "Visual Proceedings : the art and interdisciplinary Programms of SIGGRAPH", Proceedings and CD-Rom, Annuel.

Textes réunis et présentés par Roger-Pol Droit. "L'art est - il une connaissance?". Le Monde-Editions, 1993.

Viénot (F), Longavesne (J-P), Chevreul (M-E). Un savant, des couleurs ! « De Chevreul aux nouvelles technologies informatiques dans le domaine de la couleur », Editions du Muséum d'Histoire Naturelle. Paris, 1997.

REPÉRAGE DES RESSOURCES - La situation dans le domaine du traitement de l'image

Henri Maître

Sommaire

- I. Imagerie Numérique pour l'archivage et la consultation
- II. Traitement de l'Image et Patrimoine
- III. Traitement des objets muséologiques
- IV. Références

Préambule

Le rôle du traitement de l'image apparaît à plusieurs niveaux dans les missions de la conservation et de la mise en valeur du Patrimoine. Nous en distinguons 3. Au premier plan

(pour son importance socio-économique et l'éminence de son émergence dans la société), nous plaçons le domaine de l'imagerie électronique qui bouleverse aujourd'hui le monde des musées comme elle l'a déjà fait dans le milieu médical. Nous placerons ensuite celui du traitement de l'image numérique ; enfin nous aborderons le monde des objets muséographiques tridimensionnels qui seront dans une dizaine d'années l'objet des mêmes attentions que l'image plane.

I. Imagerie Numérique pour l'archivage et la consultation

I-a. Historique

Les travaux dans ce domaine ont commencé dans les années 85. Ils ont concerné simultanément les musées de peinture, les bibliothèques, les collections de photographie et celles d'estampes (de multiples exemples existent en France avec les expériences du Musée d'Orsay, de la Bibliothèque Sainte Geneviève, du Musée Albert Kahn, puis du projet Narcisse du LRMF). Les travaux se sont éparpillés selon des pistes multiples (stockage analogique : argentique ou magnétique, ou numérique : bandes, cassettes, disques), technologies numériques concurrentes (optique ou magnétique : DON, CDI, Cédérom, etc.) et des objectifs parfois contradictoires (priorité à la consultation d'experts ou du public, à la sauvegarde, au recensement, à la diffusion, etc.). Ces travaux ont été particulièrement vigoureux au Japon où les premiers modèles de musées numériques ont vu le jour (lors de l'exposition de Tsukuba) puis se sont multipliés, profitant en particulier des technologies de l'audiovisuel à haute résolution et les soutenant (projet MUSE). L'Europe a également contribué à ces expérimentations (Angleterre, Allemagne, Hollande, Italie).

Dès les années 80, la France, sous l'impulsion du Ministère de la Culture, a eu dans ces domaines une politique de pionnier pour expérimenter dans le domaine artistique les utilisations de ces divers supports. Cette politique s'est surtout manifestée par le soutien à des réalisations ponctuelles de démonstrateurs autour d'une exposition ou d'une collection. Rétrospectivement ces expérimentations apparaissent parfois comme des choix aventureux, mais elles ont permis très tôt d'installer un débat sur ces technologies de l'information dans le milieu artistique (milieu particulièrement circonspect), débat qui permet incontestablement une meilleure pénétration aujourd'hui de ces méthodes.

Les communautés européennes ont entrepris au virage des années 90 une très importante promotion de ces actions qui ont permis de mettre en commun, et de fédérer des actions éparpillées et très orientées vers des préoccupations nationales. Ce sont les projets Vasari, Narcisse, Museum-Network, Marc, Archatour, Acohir, auxquels ont peu ou prou participé tous les pays européens autour d'une forte composante anglaise et française.

Depuis les années 92, l'avènement des techniques de communication multimédia, la convergence des techniques informatiques et audiovisuelles, le bouleversement des industries du cinéma, suivant la multiplication des satellites de diffusion et de communication et la généralisation du câblage, ont ajouté à la complexité du problème et remis en cause des choix pertinents en matière d'archivage faits il y a peu d'années. De nouveaux acteurs sont apparus, en particulier américains, mais également issus d'Asie du sud-est et d'Europe centrale. Il est à remarquer que l'effort « institutionnel » américain (Smithsonian, Getty, Guggenheim)

demeure modeste en imagerie tandis qu'il s'est particulièrement développé dans les aspects indexation textuelle, dictionnaires, documentation en ligne, et qu'inversement le secteur public a vigoureusement investi le domaine de l'imagerie (projet de Microsoft en particulier).

Il est trivial de dire que la maîtrise de ces technologies est la clef d'un marché considérable dans les années à venir (l'investissement personnel de Bill Gates dans ce champ est tout autant éloquent d'une préoccupation d'investisseur que de mécène ou d'amateur d'art). Il est moins clair de dégager la part propre aux œuvres d'art et aux collections muséographiques dans le grand débat sur l'accès aux sources d'information (c'est ce qu'ont assez bien réussi de grands projets européens comme Vasari, Narcisse, Marc). Si les problématiques sont très probablement distinctes de celles qu'engendrent les autres techniques d'archivage et de consultation multimédia, les solutions seront certainement partagées.

Les deux éléments principaux qui distinguent le domaine de l'art des autres domaines de l'imagerie numérique en réseau sont les suivants :

- une grande exigence de qualité dans la reproduction du document. Toutes les expériences qui ont été menées à partir de mauvaises images (résolution insuffisante, tables de couleurs trop pauvres, piètre fidélité de reproduction) se sont traduites par des échecs économiques (cas des produits diffusés sous les standards DOS, VHS ou VGA, par exemple) ou le désintérêt du public (pour les systèmes expérimentaux placés en consultation libre dans les musées).
- une relation complexe aux règles de propriété qui varient beaucoup d'un domaine à l'autre et d'un pays à l'autre.

I-b. Les acteurs

Les acteurs de ce domaine sont de plusieurs types :

- les grands organismes institutionnels en charge de la promotion des arts et du patrimoine : ce sont généralement en France et en Asie des Ministères, aux USA ce sont de grandes agences (Smithsonian Institution) ou des fondations exclusivement orientées vers cet objet (Getty, Guggenheim)
- des partenaires exceptionnellement ou régulièrement engagés dans le mécénat (ex : EDF, Philipp Morris, Sony),
- des laboratoires universitaires qui peuvent se recruter dans tous les domaines : sciences de l'ingénieur, sciences humaines, mathématiques, beaux arts, etc.
- des industries de la filière de l'électronique : les concepteurs de stations de consultation, les opérateurs de radio-diffusion et de télécommunications à haut débit, les technologies de l'audio-visuel (affichage, diffusion, services), les développeurs de bases de données, les industries de la reproduction électronique et de l'impression.
- des groupes de communication, des éditeurs, des producteurs, ainsi que des prestataires de service.

I-c. Les enjeux techniques

Les problèmes les plus particulièrement abordés pour les musées sont les suivants :

-> Comment passer du document analogique à sa représentation numérique sans perte de qualité et à des coûts raisonnables ?

Existe-t-il une résolution et une qualité qui puissent servir de référence numérique pour toutes les applications ? (problèmes abordés dans les projets européens Vasari et Narcisse). D'importants problèmes technologiques ont été soulevés autour de ces thèmes, liés à la qualité des capteurs numériques (caméras, scanners), des standards d'acquisition (éclairage, résolution, courbes spectrales), des capacités des techniques d'archivage, du rôle possible des compressions avec et sans perte, etc. Il est à noter que le Japon s'est lancé dans un très ambitieux projet où est étudiée la relation entre la qualité des dispositifs technologiques de reproduction (en HiFi ou en HDTV) et la perception des qualités artistiques.

-> Comment garantir la propriété des œuvres numériques ? leur intégrité ? (problèmes de sécurité abordés en particulier dans le cadre du RNRT).

Ces problèmes sont avant tout d'ordre juridique et il apparaît qu'ils ne peuvent être abordés efficacement qu'au niveau international. Les aspects techniques sont liés aux techniques de tatouage des documents (*watermarking*) et éventuellement de cryptage.

Trois grandes familles de problèmes se posent à ce niveau :

- faire en sorte qu'un document ne puisse être consulté par un public qui n'en aurait pas acquité les droits (cryptage) ;
- introduire une marque invisible mais indestructible garantissant la source du document et éventuellement identifiant l'ayant droit qui a acquis le document (tatouage de propriété) ;
- introduire une marque invisible mais fragile qui garantit que le document est un original non manipulé (tatouage d'intégrité) ;

Si les milieux de l'audiovisuel et de la production cinématographique sont particulièrement sensibles au 1er et au 2ème point (en particulier avec l'avènement du DVD), préoccupation qu'ils partagent entre autres avec les milieux médicaux, les musées ont également un grand intérêt au point 3.

-> Existe-t-il des structures de télécommunication aptes à autoriser la consultation (sécurisée) d'œuvres stockées à distance ? Comment concevoir ces bases de données réparties ? (projet Télé Musées)

Les problèmes abordés ici sont surtout liés au volume d'information nécessaire exigeant des canaux de transmissions très larges, des techniques de compression adaptées (en particulier des techniques progressives autorisant l'accès à une qualité parfaite si besoin et des techniques scalables c'est à dire capable de s'adapter au terminal qui fait la consultation). Ils nécessitent également des techniques de navigation, de référencement très semblables à celles utilisées sur le web (browsers, sites miroirs, etc.). Les projets sont aujourd'hui plutôt envisagés entre établissement culturels pour des consultations professionnelles, mais la demande du grand public est actuellement importante (site pirate Louvre-Museum primé en 97).

-> Comment indexer les œuvres d'art sans recourir à des descriptions textuelles figées et subjectives ? Est-on capable de retrouver les œuvres par des techniques automatiques à partir de descriptions partielles (recherche par le contenu) ?

Le problème d'indexation accompagne tout concept d'archivage. Dans le domaine de l'image, ce concept est d'une mise en œuvre particulièrement ardue. Les échecs de l'indexation des collections muséographiques par mots-clefs ou par champs-libres ont stimulé les recherches d'indexation automatique soit par des invariants soit par des icônes simplifiées. Les progrès faits dans le domaine de l'audio-visuel (indexation vidéo), et dans le domaine de la vision par ordinateur (reconnaissance dans des bases 3D) profitent encore peu au domaines de l'art où les spécificités des documents stockés poussent à des techniques originales.

-> Comment adapter les chaînes de production de produits dérivés aux bases de données numériques : diapositives, CD-rom, impressions papier pour livres affiches ou cartes postales ?

Très développés dans le cadre du projet Marc, ces projets visent à tirer profit de la qualité de la source numérique pour améliorer celle des produits dérivés et en réduire le coût. L'importance de ce domaine est lié à son impact financier pour les collections qui y voient probablement leurs seules grandes marges de progression bénéficiaire. Les technologies mises en œuvres sont très nombreuses et variées et touchent donc des partenaires très diversifiés généralement fédérés autour de groupes de communication écrite ou audiovisuelle.

-> Comment mettre en valeur au mieux les collections ainsi constituées à travers les outils modernes de consultation par des animations, une interactivité, l'établissement de liens multiples avec d'autres représentations, etc. ? Comment concevoir des formes nouvelles adaptées à une démocratisation de la culture, à son universalisation, à l'extension des temps de loisir (musées ouverts, musées virtuels, etc.) ?

Ce champ-là concerne bien sûr l'ensemble du domaine technique du multimédia : animation graphique, interaction homme-machine, réalité virtuelle, synthèse d'image, incrustation vidéo dans des décors artificiels, espaces partagés, jeux, télé-loisirs, etc. Il ne saurait cependant se développer sans de sérieuses études en ergonomie, en psychologie, en sciences sociales et économiques tant ces domaines nouveaux ont du mal à survivre à des expérimentations hasardeuses.

II. Traitement de l'Image et Patrimoine

Une seconde famille d'actions est liée à l'assistance au conservateur, à l'historien d'art, à l'expert, au restaurateur.

A ce titre le traitement numérique des images prend place dans le musée ou l'atelier de préservation du patrimoine au même titre que le microscope, l'accélérateur de particules ou le chromatographe. On fait usage ici des capacités du traitement de l'image à extraire de l'information, à la mesurer, afin d'améliorer notre approche de l'œuvre d'art dans des objectifs divers : datation, authentification, histoire de l'art, restauration, etc.

Les techniques mises en œuvre sont donc essentiellement de la reconnaissance des formes et de l'intelligence artificielle, appuyées sur des techniques puissantes d'imagerie dans les divers domaines de l'électromagnétisme (domaine visible, infra-rouge par réflexion ou par émission, rayons X par transmission ou par émission après excitation artificielle) et de l'acoustique.

Il est à noter que la France a occupé dans ce domaine un rôle très en pointe dès les années 1980 dans des relations étroites entre laboratoires universitaires (ENSMP, ENST, Université de Grenoble) et le LRMF. A la même époque, seuls existaient des travaux comparables en Italie (Florence, Venise), pour des raisons assez semblables : l'existence d'un très fort patrimoine et d'une longue tradition de la préservation, de l'analyse et de l'histoire de l'art. Par quelques projets européens (VASARI, Narcisse), ces études se sont étendues en Europe (Angleterre, Allemagne). Ces travaux sont très en retard aux Etats Unis ou peu de structures sont à même de les accueillir (les Smithsonian, Getty ou Guggenheim sont peu présents sur ces projets qui n'ont reçu d'échos que dans des centres de recherche... spatiale (Jet Propulsion Laboratory) !). Enfin le Japon ne les a abordés que très récemment.

Dans un passé récent, de très intéressants résultats ont été apportés dans les domaines suivants :

- **l'analyse des craquelures** pour la datation (ENST et LRMF) ou la surveillance du vieillissement ou des dégradations lors des transports (Dœrner Institute à Munich),
- la fusion multicapteurs (visible, IR, Rayons X, fluoroscopie, auto-radiographie, lumière rasante, etc.) pour la détection de repentirs, la recherche de manières (Smithsonian Institution, ENST et LRMF),
- la **simulation de restaurations** (dévernissages partiels, nettoyage, compensation de manques) (New York, National Gallery de Londres, LRMF),
- l'analyse fine des couleurs pour des tâches de datation, d'authentification, ou la compréhension de la manière des peintres (ECP, Universités de Florence et de Venise, ENST, LRMF, National Gallery, Université de Grenoble) ou pour la restauration de vitraux (Gloucester College),
- **l'analyse des manières**, soit par des techniques de morphologie mathématique (Ecole des Mines de Paris), soit par des modélisations tri-dimensionnelles (Université de Vienne) ou par des techniques de théorie de l'information (ENST),
- l'analyse tridimensionnelle de la matière picturale par des techniques de micro-balayage laser (CRC Ottawa),
- **l'analyse des perspectives** soit sur des œuvres sur toiles (ENST et LRMF), soit sur des œuvres sur voûtes ou murs (Université de Grenoble et Université de Thessalonique), et l'analyse de la géométrie ou de la composition.

III. Traitement des objets muséologiques

Il apparaît clairement à tout observateur de l'évolution des techniques d'aide aux conservateurs et aux restaurateurs que l'effort entrepris pour la numérisation et la consultation des œuvres bidimensionnelles (peintures, estampes, livres, photos), trouvera très bientôt son pendant pour les objets tridimensionnels de musées : statues, vases, monnaies, pièces archéologiques ou historiques, etc. Les technologies d'acquisition relèvent soit de méthodes passives (stéréoscopie, flot optique, analyse des silhouettes) soit de méthodes actives (triangulation laser). Des travaux ont déjà été entrepris en ce sens, en particulier au Canada (CNRC), et en

France (Enst), et des projets européens ont mis en œuvre ces techniques pour des animations (Archatour, Achoir).

Les développements prévisibles de ces travaux sont assez semblables à ceux exposés en I : constitution de bases de données, consultation à distance, reproductions et copies (ce problème apparaît comme l'une des difficultés principales de ce domaine ; il est aujourd'hui partiellement résolu soit par des techniques physico-chimiques soit par usinage mécanique). Cependant les perspectives d'animation et d'incrustation tridimensionnelles interactives viennent leur donner une ampleur particulière et ces travaux d'acquisition sont aujourd'hui conduits en relation très étroite avec les développements de la synthèse graphique et de la réalité virtuelle.

Références

- M.W. Ainsworth, "Arts and Autoradiography : insights into the genesis of paintings by Rembrandt, Van Dyck and Vermeer", Metropolitan Museum of Art, New York, 1982.
- R. Baribeau, M. Rioux, G. Godin, "Three dimensionnal object modeling towards improving Access to Collections by Virtualizing Reality". In "Multimedia Computing and Museums", Edited by D. Bearman, Archive and Museum Informatics, (170-177), 1995.
- R. Billinge, J. Cupitt, N. Dessipris, D. Saunders, "A note on an improved procedure for the rapid assembly of infrared reflectogram mosaics", Study in Conservation, vol 38, 2, 1993, 92-98
- P. Callet, "Couleur- Lumière, Couleur"- Matière, Diderot Ed. 1998.
- V. Cappellini, Uffizi Project, Universita di Firenze, CNR, 1993.
- Collectif, "Riflettoscopia all'infrarosso computerizzata", Quaderni della Soprintendenza ai Beni Artistici e Storici di Venezia, Nenise, Italie, 1984.
- Y. Chrissoulakis, J.M. Chassery "The Application of Physicochemical Methods of Analysis and Image Processing Techniques to Painted Works of Art Graphic Technique" A.Gkone, Athens, 1986.
- Collectif, "Georges de La Tour ou les Chefs d'Œuvres révélés", les dossiers du LRMF, Ed. Serpenoise, 1993.
- Collectif, LRMF 85 "Paintings of Jean Baptiste Corot (1789-1875) from the collections of the Louvre". CD-ROM AV 500041, Conception LRMF, Réunion des Musées de France, 1996.
- H. Derrien, SIAM : "le logiciel pour un meilleur dialogue avec vos images". Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 43-49.
- J.M. Dupouy, "Méthodes expérimentales utilisées par le LRMF", Techne, 2, 1995, 211-213.
- K. Freifeld, "Probing beneath the Painting". IEEE Spectrum, June 1986, (66-71).
- R. Halir, C. Menard, "Diameter Estimation for Archaeological pottery using Active Vision". Proc. of the 20th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR), Schlo· Seggau, (Austria), 1996, (251-261).
- J.Y. Hardeberg, F. Schmitt, I. Tastl, H. Brettel, J.P. Crettez, "Color Management for color facsimile". 4th Colour Imaging Conference, IS &T-SID, Scottsdale (AZ, USA), Nov 1996, (108-113).
- F. Heitz, H. Maître, C. de Couessin, "Application of Autoregressive Models to Fine Arts Painting", Analysis Signal Processing, 1-13, 1987, (1-14).
- F. Heitz, H. Maître, C. de Couessin, "Event Detection in Multisource Imaging : Application to Fine Arts Painting" Analysis IEEE Acoustics Speech and Signal Processing, 4-38, 695-704, 1990.
- M. Hours, "Les secrets des chefs d'œuvre". Denoël Gonthier, Paris, 1982.
- M. Hours, "Les méthodes scientifiques dans l'étude et la conservation des œuvres d'art, Ecole du Louvre", Muséologie, la Documentation française, 1983
- H. Hudrisier, "L'Iconothèque", La Documentation Française - INA, Paris, 1982
- C. Lahanier, G. Aitken, M. Aubert, Narcisse : "Une bonne résolution pour l'étude des peintures". Techne, 2-1995, (178-190).
- C. Lahanier, "Le système documentaire Narcisse sur les peintures et les enluminures". Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 43-49.
- P. Lechanu, "Dessin sous-jacent et histoire de l'art", Techne, 2-1995, (165-177).
- R. Lenz, R. Beutelhauser, U. Lenz, "A microscan/macroscan 3 x 12 bit digital color CCD camera with programmable resolution up to 20992 x 20480 picture elements". Proc of the Commission V Symposium Close

Range Techniques and Machine Vision Melbourne, Aust., Intl Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol 30 part 5, March 1994.

H. Maître, "Image numérique, traitement numérique de l'image et œuvres d'art". *Techne*, 2-1995, (191-196).

H. Maître, F.J.M. Schmitt, J.P. Crettez, Y. Wu, J.Y. Hardeberg, "Spectrophotometric Image Analysis of Fine Arts Paintings". 4th Colour Imaging Conference, IS & T-SID, Scottsdale (AZ, USA), Nov 1996, (50-53).

K. Martinez, J. Cupitt, D. Saunders, "High resolution colorimetric imaging of paintings". *Proc. SPIE*, Vol 1901, (25-36), 1993.

K. Martinez, J. Cupitt, D. Saunders, MARC : "Methodology for art reproduction in Colour". *Computers and the History of Art Journal*, 1997.

K. Martinez, "Recent Progress in Arts Computing and its Applications". 5th Int. Conf. on High Technology. CHIBA'96 Sept. 96 - (63-69).

K. Martinez, "Networking High Quality Images of Art". Int. Symp. of Digital Imagery'97, AIM, Tokyo 1997

B. Mourenas, "Influx : la solution documentaire multilingue ; l'intégration des données textuelles et des images". Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 53-65.

M. Müller, A. Burmester, "The registration of transportation damages using a high resolution CCD camera". Europto, Munich, Germany, June 21, 1993.

D. Papadopoulos-Orfanos, F.J.M. Schmitt, "Automatic 3D Digitization using a Laser Rangefinder with a Small Field of View. International Conference on Recent Advances in 3D Imaging and Modelling", Ottawa, Ontario, May 1997.

M. Rebiaï, "Un système de numérisation et de traitement d'images de très haute résolution", Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 21-42.

F.J.M. Schmitt, "High Quality Digital Color Images". 5th Int. Conf. on High Technology. CHIBA'96, Sept. 96 - (55-62).

P. Sirinelli, "Industries culturelles et nouvelles techniques", Rapport de la Commission constituée à la demande de J. Toubon, Ministre de la Culture et de la Francophonie, la Documentation française, 1993.

I. Tastl, R. Sablatnig, W. Kropatsch, "Model-Based Classification of Painted Portraits". *Proc. of the 20th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR)*, Schloss Seggau, (Austria), 1996, (237-250).

J. Thuillier, "L'Histoire de l'Art et les Bases d'images : le problème de l'image numérique Bases de données et données de base", Collection F. R. Bull, Masson, Paris, 1993, 93-102.

T. Toifl, H. Maître, "Investigation of the Scale-Space Statistical Properties in the Color Distribution in Paintings", *Proc. of the 20th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR)*, Schloss Seggau, (Austria), 1996, (273-280).

T. Toifl, H. Maître, "Le traitement d'images peut-il expliquer le Pointillisme", Actes de RFIA, Clermont-Ferrand, 1998, 1, 99-106

J.J. Wanègue, "Le projet Narcisse", *Mémoires Optiques et Systèmes*, 121, 1994, 31-36.

REPÉRAGE DES RESSOURCES - De l'analyse à la synthèse - De la forme au geste

Patrick Callet

Ce texte aborde dans une première partie les champs disciplinaires et les technologies en émergence situées à l'articulation de l'analyse et de la synthèse de l'image, puis, dans une seconde partie, les aspects spécifiques relatifs à la complexité de la capture du mouvement et de sa reproduction. Outre les aspects historiques brièvement évoqués, les enjeux scientifiques tant pour les sciences humaines que pour les sciences exactes ou appliquées sont pointés en même temps que les applications industrielles.

"On pourrait de même évoquer ici la question des effets spéciaux car c'est un très bon objet pour penser la différence propre de l'artistique et les confusions qui s'organisent aujourd'hui autour des performances étonnantes, spectaculaires dont sont de plus en plus capables les machines. Un effet a beau être très spécial, très

fort, nous mouvoir dans tous les sens (en quoi il est de l'esthétique en acte), mobiliser tous nos affects, il n'est pas pour cela artistique. La forme artistique peut ne causer que peu d'effets immédiats, créer un minimum d'émotion "sur le coup" (au point de passer pour une forme insignifiante, sans intérêt pour un regard ou une écoute pressés d'en finir), elle n'en est pas moins artistique. Ce n'est pas une question directement quantitative, mais une question qualitative : jusqu'où la forme est-elle capable d'aller et de nous faire aller, de perdurer en nous (la petite musique de Swann), de dilater nos frontières "naturelles" créées par toutes les normes et les règles du sens commun au point de nous enfermer dans une nature quasi immuable? La forme artistique dépose en nous des éléments de dynamitage, de subversion, de perversion... et requiert donc de la part de l'auteur (en quoi il est justement un auteur et pas n'importe qui) une puissance d'ouverture, de multiplicité que seul un long et dur travail sur soi et sur le monde rend possible. "

Alain Renaud, " Le visible et l'imaginaire numérique ", extrait de l'Esthétique des arts médiatiques, tome 2

Forme et couleur - un problème d'apparence

Les technologies 3D englobent les technologies 2D, ou tentent de le faire tant du côté des capteurs que du côté des machines de restitution. Les capteurs 3D (forme, couleur, mouvement) devraient, selon nous, évoluer vers des systèmes qui rendent exploitables les données archivées ; ils ne semblent pas cependant avoir été conçus avec cette perspective comme des outils au service des arts ou du patrimoine.

Les machines de saisie de forme ou couleur, dans les arts visuels comme le cinéma ou la vidéo, sont très dédiées à leurs applications propres. Elles ne peuvent être utilisées convenablement dans des actions culturelles impliquant le patrimoine ou la connaissance scientifique, en général, des œuvres d'art du passé. Le lien avec les bases de données textuelles de différents niveaux doit apparaître afin que les lectures puissent se faire à l'aide des outils interactifs très facilement et sur plusieurs niveaux d'utilisation (grand public, scolaires, étudiants, conservateurs, historiens de l'art ou restaurateurs, etc.).

Cela implique également différents niveaux de qualité d'images à mettre en relation hiérarchique. Ce secteur, qui concerne au premier chef l'activité multimédia, est nourri par des bases de données 3D d'œuvres d'art. Le visiteur virtuel de ces musées numériques s'accoutumera à ces images 3D sommaires comme il s'est accoutumé aux imageries des catalogues. Nous imaginons que les musées devront s'équiper de gros centres de gestion des bases de données 2D et 3D d'objets d'art. Des calculateurs, fonctionnant sur requête (paiement différencié par exemple) pourraient fournir des images des œuvres aux visiteurs virtuels, dans des décors virtuels mais avec des possibilités de manipulation des paramètres 3D définissant la scène virtuelle à calculer (point de vue, éclairage, notamment). De ce fait, l'œuvre ne souffrant pas la médiocrité de ses représentations, l'obligation de qualité apparaît à la fois pour les modèles de calcul des comportements optiques de matériaux et pour les capteurs les plus pertinents permettant de reconstituer les fonctions mathématiques nécessaires à la représentation des objets dans toutes les relations d'observation et d'éclairage souhaitées. Mais cela ne peut suffire puisque ne servant qu'à " recopier la réalité ".

L'étude générale du problème du vieillissement de la matière et de l'aspect optique, utile pour la restauration virtuelle et la décision collective à partir d'images numériques de synthèse commence à peine. Ces problèmes sont liés à la connaissance du comportement optique des matériaux. Restituer l'aspect des laitons gaulois, aujourd'hui corrodés ou patinés, est envisageable sur la base des formulations métallurgiques des alliages, mais ce domaine n'est pas encore suffisamment avancé. Le dévernissage virtuel et la relation entre les représentations trichromatiques et les représentations spectrales constituent des champs

d'applications techno-scientifiques importants, surtout parce qu'ils permettront d'exploiter scientifiquement les images déjà numérisées (en RVB) et ainsi assurer la relation " couleur-matière " qui nous fait tant défaut aujourd'hui. En architecture, la représentation des éléments d'ornementation et la grammaire des styles associés couvre des enjeux algorithmiques au fort potentiel de création actuel. Il y a, là aussi, un gisement important pour des applications en visualisation de produits industriels ou simplement pour la confection de décors ou d'espaces scéniques devant s'intégrer dans des séquences filmées.

Des savoir-faire traditionnels en ornementation tels qu'illustrés par les zélliges marocaines détiennent des lois d'assemblage qui n'ont pas pu, faute du nombre énorme des combinaisons stylistiques, faire l'objet d'études qui déboucheraient sur la création de nouveaux motifs ornementaux obéissant à des règles culturelles traditionnelles. Là encore, on remarque que la création artistique ou artisanale d'art aurait besoin du secours scientifique du traitement de l'image et des recompositions de nouvelles solutions par synthèse d'images. La mosaïque, ce n'est pas du carrelage ! Cette remarque est importante car derrière le tracé d'une courbe, le mosaïste dessine d'un geste artistique, une ligne bien particulière qui n'a rien à voir avec l'alignement sur une grille préétablie comme le ferait le carreleur ou, en informatique graphique, l'affichage brutal d'une image vectorielle sur un écran " raster ".

Nous retrouvons là des points communs à l'histoire du traitement des images et de la représentation à diverses époques de l'histoire humaine. Les mêmes algorithmes sont apparus dans des contextes sensiblement différents, dans les arts graphiques pour ce qui nous concerne ici. L'histoire de la perspective (XVe siècle, Piero della Francesca et la perspective légitime notamment) ou de la représentation du visage humain nous rappelle que là réside l'invention de ce que nous appelons aujourd'hui le " lancer de rayons " ou " tracé de rayons " en infographie. Il n'y a pas de différence fondamentale entre la mise en perspective à l'aide du " portillon de Dürer " et ces algorithmes de la synthèse d'images ; ce rapprochement est rarement présenté aux étudiants. Pourtant, des algorithmes célèbres, universellement utilisés et même " câblés " dans les machines graphiques sont nés de chercheurs français, tel l'algorithme de lissage d'Henri Gouraud

(<<http://virtual.pl.ecp.fr:80/~callet/gouraud.html>>) (1970).

C'est en effet à ce chercheur que nous devons la première représentation d'un visage humain en synthèse d'images, bien avant l'arrivée des capteurs 3D permettant le clonage d'acteurs. Le prélèvement même des données sur le visage était analogue au procédé de Dürer.

La méthode qu'emploie Piero della Francesca pour découper les visages en tranches parallèles sur lesquelles sont numérotés des points, qui permettront la construction méthodique des projections-perspectives dans le plan de la toile, n'est rien moins que la description, au XVe siècle, des structures de données médicales des scanners tomographiques à rayons X d'aujourd'hui. Ignorer l'un autant que l'autre dans nos enseignements participe d'une perpétuation du cloisonnement des savoirs, d'un frein à la pluridisciplinarité si souhaitée et libératrice des potentiels de création.

Les travaux sur les pavages du plan par le mathématicien Penrose et ceux sur les métamorphoses planes d'Escher sont apparus simultanément mais dans des contextes différents ; la rencontre des deux hommes a été très féconde pour l'un comme pour l'autre ; elle a même abouti à l'invention de nouvelles formes de perspectives chez l'artiste, très contemporaines de l'émergence des nouvelles formes de géométrie et des représentations des physiciens pour la notion d'espace-temps.

L'enseignement doit, par conséquent, pouvoir en tenir compte en incorporant des éléments d'histoire des techniques artistiques, des procédés d'élaboration, de fabrication de ce qui constitue, au fond, toujours des images. Le langage PostScript d'Adobe n'est-il pas un lien assuré entre les deux modes d'affichage sur les écrans d'ordinateurs ? Mais il est surtout un lien historique avec la calligraphie.

En architecture, la notion d'ornementation géométrique peut incorporer l'écriture, comme en témoignent les constructions des palais indiens islamiques. L'écrit côtoie, encercle, se fond, avec des formes très géométriques dans un ensemble où la surface sans repos de la pierre est travaillée à plusieurs échelles.

Fractalité artistique millénaire (1), récurrence des thèmes, **permanence du geste** et de la vision qu'il imprime, assurent une incroyable présence sur les façades artistiquement chaotiques et turbulentes. La polychromie apparaît, elle, dans le jeu des arabesques minérales, formes cursives délimitées par des segments rectilignes. L'art baroque en général procède de cet " enrichissement " par un luxe de détails et de matières où souvent l'or, dans le monde hispanique plus proche de nous, accomplit son triple rôle de couleur, de matière et de symbole. Mais le baroque ibérique remplit tant l'espace qu'il ne semble plus laisser place au signe lisible ; seul le visible demeure et l'intelligible, lui, est renvoyé tout entier dans la foi des pratiquants.

Ce rapprochement de l'image (actuellement numérique) et du geste a d'ailleurs été expérimenté avec des machines à peindre. Nous n'en connaissons que de deux types en effet: semblables à une grosse imprimante à jet d'encre dont la technologie ne cesse de progresser en relation avec de grands laboratoires européens <<http://diwww.epfl.ch/w3lsp/>> ou encore au traceur à plumes (espèce actuellement en voie d'extinction). Il n'est pas certain que la tendance présentement dominante des procédés par transfert de " bitmaps " avec " color matching " soit définitive.

La transcription des effets gestuels ne marque pas le résultat (ce qui est généralement conservé) de la même manière. A quoi nous intéressons-nous donc ? Est-il souhaitable d'avoir une image sans trace, comme une œuvre sans patine, un visage sans jamais aucune ride ? L'empreinte du geste et celle du temps sont essentielles dans certaines représentations, ce sont elles qui font l'image. Que l'on songe un instant à l'œuvre de Pierre Soulages. Ce travail en matière monopigmentaire, surtout sur le noir, exclut les représentations aussi bien imprimées que les illusoires photographies. Sans point de vue mobile, sans jeu avec la lumière, ces œuvres nous échappent alors que déjà, le rapport entre la dimension géométrique de l'œuvre et celle de son image sur écran nous posait problème. Il faut capter la forme de la surface picturale, en faire un moulage en sorte. Mais les systèmes d'acquisition, nos numériseurs 3D se heurtent alors à bien des difficultés. Il nous faudra choisir entre des procédés technologiques dont la neutralité, du point de vue de la qualité artistique, n'existe pas : carrelage ou mosaïque ? Avec ou sans geste ? Et finalement, avec ou sans l'humain ? Les choix en matière de développement ne seront pas plus innocents demain qu'ils l'ont été hier.

Nous sommes actuellement dans la " phase carrelage ", sans doute encore pour longtemps, ne serait-ce que parce que les coûts des matériels d'impression pour la qualité des reproductions qu'ils offrent au grand public sont déjà très bas. Les machines de transfert d'images évoquées ci-dessus sont des inventions d'artistes, ce ne sont pas des innovations technologiques définies par programme et étude de marché préalable ; elles n'excluent pas l'humain, elles le placent au cœur du processus de création et cela malgré l'apparence orthopédique que donne à voir toute

cette instrumentation techno-scientifique. Les artistes qui conçoivent et réalisent ces machines sont souvent scientifiques de formation.

Le travail de Jean-Paul Longavesne exhibe en plus une dimension de pratique en réseau dans le domaine de l'image et de son transfert par une machine à peindre <<http://www.ensad.fr/perso/profs/longavesne/>>. Ses implications comme physicien dans une démarche de plasticien lui permettent d'assurer une recherche et un enseignement originaux. Du Nuancier Informatisé pour les Manufactures et Savonneries (NIMES) qu'il met au point pour les Gobelins, suivant les traces historiques de Chevreul, aux pigments projetés par une machine à peindre connectée au réseau Internet et transférant une image " Big Bang One " lors du SIGGRAPH 95 à partir de données envoyées par le satellite COBE de la NASA, **l'artiste polymorphe** (ingénieur INSA, normalien Ulm, consultant couleur, professeur ENSAD, Univ. Paris XI, CETEC, UQAM) contrôle et imagine toute la chaîne de transfert de la couleur à des échelles bien supérieures à la dimension des écrans vidéo. Il fonde une galerie d'art en réseau @ART+Com Gallery à Paris en 1993 où ses œuvres originales de 3m x 2m peuvent prendre place. Espaces chromatiques et normes internationales, machines de transfert et systèmes de communication...il enseigne à la fois la cristallographie, l'histoire de l'art et publie de nombreux ouvrages sur l'informatique picturale. Sa machine à peindre lui permet de faire de l'art en réseau avec un procédé qui mériterait bien d'être étudié de près puisqu'il peut " dévier " vers de nouvelles sensations optiques et un jeu avec la matière elle-même (pigments à effet--métalliques, nacrés--électroérosion, jet de sable, travail à fresque sur mortier, plâtre ou autre matériaux, etc.). Déjà des applications en esthétique industrielle (il ne s'agit plus alors d'art) sont possibles : transfert d'images sur les faces planes des camions, autocars, bâches diverses, autorisant des effets optiques différents de ceux que l'on obtient actuellement sur des films plastiques adhésifs minces.

Les capteurs de forme, de couleur ou de mouvement ont été conçus sur des **schémas perceptifs anthropomorphiques** (vision trichromatique par exemple). Le projet de saisir en " temps-réel " et en haute qualité demeure de nos jours mais essentiellement pour les applications où l'usage de métamères est suffisant ; quelques limitations d'origine didactiques viennent d'ailleurs renforcer cette tendance. Cela n'est guère étonnant puisque les programmes d'enseignement n'incorporent pas, du moins chez les ingénieurs, les éléments indispensables d'histoire de l'art (il en est de même de l'histoire des sciences d'ailleurs !), sauf de façon homéopathique dans des enseignements optionnels (peut-il en être autrement dans ce contexte ?). Inversement, dans les écoles d'art il n'est pas certain que les techniques de l'ingénieur soient seulement évoquées. Nous ne doutons point que des projets hybrides engageant des étudiants des " deux mondes " favoriseraient le rattrapage du retard scientifico-culturel que nous percevons en France.

De l'image à l'objet

Ce passage de l'image à l'objet, par l'intervention des techniques de l'ingénieur, relève également des notions de transfert d'information et d'images en particulier ; les méthodes de fabrication des pièces " en bonne matière " ou presque, sont riches en perspectives. Des artistes se sont emparés très tôt de ces outils. Depuis une dizaine d'années, comme les artistes de formation initiale ou de pratique scientifique actuelle, Christian Lavigne, après des études de mathématiques, se consacre à la poésie. L'écriture, le dessin, la géométrie 2D et 3D forment peu à peu tout un ensemble dans lequel de nouveaux projets émergent grâce à

l'ordinateur. ARS MATHÉMATICA (<<http://www.stratocom.fr/intersculpt/>>) est fondée avec Alexandre Vitkine, véritable pionnier en France de la sculpture numérique, et Tim Duffield en 1993 lors du Computer and Sculpture Forum aux USA ; puis ce sera en 1998 TOILE-MÉTISSE (<<http://www.toile-metisse.org>>). Le prototypage rapide dans toutes ses composantes est alors mis à contribution grâce au soutien matériel et technique de nombreuses entreprises ; des projets avec des écoles d'ingénieurs (notamment, Ecole centrale de Paris : <<http://leis.pl.ecp.fr/users/dionigi/>>, et Ecole Polytechnique : <<http://www.polytechnique.fr>>) permettent de lancer de nouvelles pratiques à l'échelle internationale comme la robosculpture et l'infosculpture. La quatrième édition d'INTERSCULPT aura lieu en 1999 à Paris, (<<http://www.stratocom.fr/intersculpt/>>) soutenue par le Sénat et la ville de Paris.

Le prototypage rapide, technique d'ingénieur, est déjà pratiqué par certains musées ou plus exactement par les structures marchandes qui leur sont associées. Cette " bimbloterie " stimule les transferts technologiques car elle est source d'une quantité inhabituelle de revenus pour les établissements culturels. Sur le plan scientifique et technique, une expérience sur un objet d'art, peut-être même une première mondiale a consisté à prototyper une statuette de dieu guerrier gaulois, trouvé à de Saint-Maur en Chaussée. C'est Francis Schmitt de l'ENST (<<http://www.enst.fr>>) qui a, le premier, parcouru toute cette chaîne de la connaissance archéologique. De la pièce non exposable, il a fait une saisie laser 3D sans contact qui a permis une visualisation de l'état actuel de l'œuvre, sur écran d'ordinateur. L'objet fut alors répliqué en résine stéréo-photolithographique et, enfin, une réplique en plâtre fut tirée sur laquelle un artiste a " recopié " la patine de l'objet. Le public peut ainsi voir une fidèle réplique de l'objet qui demeure conservé par ailleurs dans des conditions particulières, essentielles à sa survie.

La technologie contemporaine a fait alliance rapide avec l'art. Nos logiciels actuels ne permettent pas la simulation de l'apparence de l'œuvre dans son état d'origine, avec toutes les subtiles nuances qui interviennent dans la réalisation des laitons par les artistes gaulois. C'est bien l'alliance de la science et l'art qui est attendue sur ce point. D'autres expériences voisines dans leur esprit ont été menées parallèlement et simultanément. Nous avons réalisé un prototype de visage d'un élève de l'Ecole centrale de Paris à partir d'une saisie laser (<<http://virtual.pl.ecp.fr/~callet>>), grâce à Monique Nahas (université Paris 8, <<http://virtuel.luap.jussieu.fr>>). Il est apparu que les capteurs, lorsqu'ils doivent " numériser de l'humain " ont des performances très insuffisantes (expression faciale très exigeante, chevelure, pilosités, lenteur, précision manquent encore). Là où nous avons été pionniers, certains de nos collègues canadiens ont repris une idée voisine et l'ont systématisé dans le cadre culturel d'un musée par le prototypage d'objets d'art statiques. Une fois de plus l'application des résultats a été immédiate, de l'ordre de 3 à 4 mois. En effet, lors des journées de mai 96 à l'Ecole du Louvre, **séminaire Corot-Conservation-Couleur-Calcul**, nous avons présenté une partie de ces résultats sur les visages humains. Dès octobre de la même année, outre Atlantique les enjeux étaient assimilés, les moyens en place et les résultats brillants. La réactivité des entreprises françaises (<<http://www.edf.fr/EDF/html/fr/contacts/index.html>>) est peut-être plus importante que celle des institutions, si l'on en juge par les répliques d'œuvres d'art de diverses tailles réalisées par EDF dans le cadre du mécénat technologique. La statue égyptienne, le colosse de granit rose représentant Ptolémée, remontée devant le Petit Palais à Paris, signalait une avancée par l'image et le calcul pour l'objet d'art et de patrimoine encore plus innovante. La numérisation des blocs de pierre de la statue et l'étude des surfaces de fracture érodées, différemment sur les parties concaves ou convexes, ont été possible par la visualisation interactive de grands nuages de points. L'assemblage des parties n'est pas si

simple à envisager et la présence permanente de l'archéologue ou de l'historien est indispensable dans ce projet. Le renforcement et l'assemblage physique à l'aide des plus petits goujons possible (nécessaires pour percer au minimum les différentes parties de la statue) relèvent de calculs de résistance des matériaux et de mécanique (axes principaux d'inertie des différents morceaux) qui ne fonctionnent qu'à partir de représentations graphiques, en visualisation 3D. Ces bases de données de la statue égyptienne ont également permis de faire un film de présentation bien avant que la vraie statue ne soit en place. Tout ce travail est celui d'un ingénieur, Guillaume Thibault, spécialiste de la CAO pour les centrales nucléaires.

Un grand musée virtuel d'égyptologie pourrait rassembler, à défaut de pouvoir restituer aux égyptiens le patrimoine pillé, les œuvres éparpillées dans le monde. Les nouvelles voies qui peuvent encore accélérer le passage à la réplique, de l'objet de musée ou de l'objet industriel, concernent l'inscription même de la couleur dans la matière du prototype. Divers procédés, brevetés, sont en cours de développement (résines colorées, films hydrosolubles déformables notamment) ; mais d'autres sont encore à inventer. Les idées ne manquent pas en France mais les moyens de les appliquer dans les centres de recherche sont très réduits, voire inexistantes. Pourtant, c'est la même physique qui régit la description des comportements optiques des peintures ou des matières plastiques, qui s'appliquerait à la génération en trois dimensions des prototypes physiques colorés par les mêmes pigments : une imprimante 3D en " vraies couleurs " en quelque sorte finira bien par émerger.

Consultation interactive d'images et réalité virtuelle

Nous donnons encore un exemple, sans doute éloquent, pour bien faire sentir les enjeux en termes de connaissance liés aux technologies appliquées aux domaines de la culture. Il existe dans le monde environ 140 modèles de la grande statue chrysléphantine qui se tenait à l'intérieur du Parthénon au siècle de Périclès. Cette Athéna parthénos est ainsi représentée dans diverses matières, terre cuite, céramique, bois, marbre, etc (en existe-t-il une seule en or et en ivoire ?). Toutes sont de tailles différentes allant de 40 cm à 4 m et sont éparpillées (éparses pillées ?) sur toute la planète. Seuls les espaces virtuels permettraient de confronter ces objets d'étude en autorisant des mises à l'échelle comparatives et des confrontations textuelles (prudentes). Ainsi sera posée la délicate question de la représentation de l'œuvre dans son environnement.

La restitution en images de synthèse des différentes hypothèses sur l'aspect du lieu procède alors d'une véritable " archéologie du regard ", comme nous l'avons vu avec la statuette du dieu guerrier gaulois, qui ne peut faire sens que par le jeu des liens, sans nul doute hypertextuels, avec les autres éléments de connaissance. Un bassin contenant de l'eau était assez probablement disposé au pied de la statue. Son rôle optique devient évident autant que son rôle d'humidificateur pour conserver l'ivoire sans fendillement. Le rendu de ces matériaux mais aussi du jeu de lumière et le point de vue (les célèbres corrections optiques des architectes grecs) sont importants pour cet édifice qui n'existait pas, à cette époque, sans une riche ornementation polychrome.

L'imagerie 3D scientifique, au service du patrimoine disparu, offre une aide précieuse à l'historien autant qu'au bâtisseur. La consultation, à des fins de comparaison, d'études historiques ou artistiques, des bases de données de tels objets ne peut se faire que dans le cadre d'un musée virtuel. Il est alors important de savoir y enchaîner les différents niveaux de

représentation graphique. De l'image basse résolution, véritable vignette, à l'objet 3D avec attributs optiques et rendu scientifique de haute qualité, tous les niveaux de représentation intermédiaires peuvent apparaître. Animations avec hyperliens dans la séquence d'images elle-même, permettent d'envisager, lors du passage à la requête 3D sur un serveur de bases de données, de modifier les sources d'éclairage tant en nature qu'en disposition, en plus du décor virtuel à télécharger ou construire soi-même. Tous ces savoirs résident dans les domaines de la synthèse scientifique des images, de l'analyse et du traitement d'images ainsi qu'en réalité virtuelle, prototypage rapide et consultation par réseaux télématiques.

Geste, mouvement et capture

Le geste d'excellence, geste artistique mais également geste d'artisan de métiers rares ou encore geste chirurgical, constitue un champ d'intérêt qui peut révéler une foule d'applications souvent ignorées bien qu'ayant une longue histoire dans les développements collaboratifs laboratoires/industrie. Les expériences de pionniers dans ce domaine comme celles menées à l'ACROE (<<http://www-acroe.imag.fr/>>) n'ont pas reçues toute l'attention et tous les moyens que des expériences qui pourraient avoir été similaires à l'étranger ont pu recevoir.

Les degrés de liberté du corps humain sont si nombreux qu'il est illusoire de tenter, par le calcul, d'en donner des " solutions uniques " pour chaque problème d'optimisation d'un processus lorsqu'on s'en inspire dans les applications industrielles. Par exemple, la mise en peinture d'une carrosserie par un robot doit économiser tant la matière que l'énergie et la durée nécessaires à l'exécution de la tâche. Inutile, raisonnablement impossible de paramétrer ce problème dans une description complètement mécaniste. C'est l'observation du geste humain, des postures du corps qui donnent les solutions au problème. La capture du mouvement apparaît alors comme un problème très naturel à résoudre. L'étude du corps et de ses mouvements contribue alors à faire évoluer les systèmes de capture d'information.

...je trouve que le travail réalisé par les scientifiques dans le domaine de l'imagerie est paradoxalement plus intéressant que celui que l'on appelle artistique. Il n'est pourtant pas question d'art ici. Mais le nouveau, c'est que les scientifiques sont en train de comprendre que les concepts, les discours, la rationalité scientifique, les mathématiques ont besoin aujourd'hui de nouvelles démarches. Le vieil antagonisme de l'image et du concept est en train de s'effacer.

Alain Renaud, ibid.

Les temps sont revenus où concept et percept vont former une nouvelle alliance. L'étude des systèmes de perception, notamment visuels, n'est pas nouvelle mais renouvelée par l'utilisation de l'informatique graphique et des techniques de vision artificielle nécessaires pour piloter des robots devant évoluer dans des milieux contaminés (pollution chimique, bactériologique ou nucléaire) ou dans des environnements difficilement accessibles (planètes). Les multisensorialités sont également à l'étude parce que commence à poindre l'idée, chez les scientifiques, que l'intelligence humaine n'est pas le seul attribut de l'encéphale mais serait le fruit d'une interaction complexe entre tous les systèmes perceptifs...ce qui est bien souvent une évidence pour l'artiste.

Contrairement aux pratiques courantes et limitées des ingénieurs, cette rétro-action dans le champ du conceptuel s'enrichit d'une rétro-action dans le champ du sensible, de la perception. Les " machines " du virtuel, tels ces " exo-squelettes " kafkaïens ramènent en fait le procès de création et de simulation à une intelligence répartie où tout le corps est (enfin ?) acteur.

L'intellect n'est plus le seul décideur. Cette nouvelle situation, ce nouveau partage obligé du pouvoir est en somme une retombée, une conséquence des niveaux de complexité multi-forme de la représentation, de plus en plus enchevêtrés (comme le sont, d'ailleurs, les discours sur le virtuel). Par les nouveaux degrés de liberté qu'apportent ces " insecticiels "(2), le recours à une médiation corporelle complétant les formes discursives de la pensée visuelle et s'opposant à l'illisibilité (scripturale) grandissante des documents scientifiques pousse aux pratiques transdisciplinaires. Cette multi-sensorialité s'inscrit donc comme élément d'une nouvelle pratique de la connaissance, de la création, où l'image et donc la question toujours posée (jamais réglée !) de la représentation tiennent un rôle central. Les " insecticiels " placent d'emblée l'homme de l'autre côté du miroir, " derrière " l'écran, " dans " l'image et sur la scène. Cette immersion dans le virtuel qui serait alors, pour certains, une soustraction, un retrait, une mise entre parenthèses du réel est, pour nous, un extraordinaire moyen d'intervention sur le réel.

L'approche de Jean-Marc Matos, ingénieur de formation et chorégraphe, <<http://www.metafort.com/kdanse>>, nous semble originale par plusieurs aspects, dont un, le démarque de beaucoup d'autres projets artistiques. En effet, il inscrit son projet global dans un esprit de partenariat entre artiste, entreprise et école d'ingénieurs (l'INSA de Rouen <<http://www.insa-rouen.fr/>>), s'éloignant ainsi des formules perverses de mendicité que vient sans cesse rénover le mécénat, comme en témoigne le projet d'Atelier du virtuel conçu avec l'auteur de ce texte. Chacun des cinq espaces définis dans ce projet partage des lieux réels et virtuels. Les techniques de capture de forme, image, couleur et mouvement y sont sollicitées dans toute leur finesse ; les modèles scientifiques pour l'interactivité ou le rendu en images y sont mis à l'épreuve également. L'art vivant en réseau et la haute interactivité en temps réel de plusieurs danseurs évoluant simultanément sur scène posent les problèmes de capture et de transmission des " bons paramètres ", sur des réseaux à débit élevés, que l'Atelier du virtuel cherche à explorer.

L'étude du geste artistique comprenant le corps dans sa totalité oriente de nouvelles recherches autour des relations entre le corps dans le spectacle vivant et l'image même rétro-conceptuellement envoyée à l'artiste (danseur par exemple). Tous ces domaines où le geste en général est étudié et modélisé trouvent des champs d'application comme la médecine (orthopédie, rééducation, prothèses), le sport (entraînement, compétition, amélioration des équipements et des performances individuelles), l'ergonomie des systèmes (machines complexes, simulateurs), la robotique, l'enseignement (travaux pratiques virtuels, répétition d'expériences), etc. Tous ces procédés, capteurs, modèles et machines, loin d'écartier l'humain, en dévoilent tous les potentiels parce qu'ils sont capables d'en isoler, d'en extraire des caractéristiques essentielles qui ne sont pas aisément visibles dans les pratiques usuelles où le corps est impliqué, qu'il s'agisse des disciplines artistiques ou non. **Ces ateliers du virtuel seraient, en quelque sorte, des versions contemporaines de ce que furent en leur temps les ateliers d'artistes-ingénieurs de la Renaissance.**

Les techno-sciences du virtuel forment des leviers extraordinaires pour comprendre et transformer le réel. Il devrait être plus évident que se trouvent là des gisements d'emplois et de nouveaux métiers à faire émerger ; cela n'est possible qu'en œuvrant aux rapprochements des arts, des sciences et des techniques.

Notes

1. Bien supérieure à la plate auto-similarité qui a soulevé pourtant tant d'extases il y a déjà 25 ans.

2. Nous regroupons sous ce vocable les programmes informatiques et les moyens physiques (car les uns n'existeraient pas sans les autres) de médiation corporelle tels que visio-casques, gants de données et capteurs de positions, exo-squelettes, nouvelles enveloppes, etc., ainsi que toutes les formes de " prothèses " à venir.

Références

- Actes du colloque "du corps au corpus technologique", avec la participation de Louis Bec, Bernard Stiegler, Sally J. Norman, N+N Corsino, Carole Tafforin, Kitsou Dubois, organisation et publication Odysud (Blagnac). 1996.
- Borillo Mario & Sauvageot Anne (sous la direction de). " Les cinq sens de la création de la création - Art, technologie, sensorialité". Collection Milieux. Champ Vallon, Seyssel, 1996.
- Claude Cadoz. " Les réalités virtuelles " - Collection DOMINOS - Flammarion - Paris 1994. Traduit en espagnol (1995), en coréen (1996), en italien (1996).
- Patrick Callet. "Couleur-Lumière, couleur-matière" Diderot éditeur. Arts et sciences, 1998.
- Edmond Couchot. "L'image : de l'optique au numérique", Hermès, Paris, Janvier 1988.
- Culture et recherche, Mensuel éditée par le Ministère de la culture, mission de la recherche et de la technologie (Jean-Pierre Dalbéra).
- Longavesne Jean-Pierre. Portrait de la Couleur « De Chevreul aux nouvelles technologies de la Couleur » Edition I.A.V, 1993.
- Longavesne Jean-Pierre. Que veulent les nouveaux historicistes ? « Machines à peindre », L'ÂNE, Le magazine Freudien, Oct/Déc., 1993 .
- Longavesne Jean-Pierre. La science et la métamorphose des arts, « Machines à peindre et informatique picturale ». Collection Nelle Encyclopédie, Diderot Ed P.U.F, 1994 .
- Longavesne Jean-Pierre. Où est passée la peinture ? « Les artisans en peinture et le théâtre des machines », Art presse, Hors série Numéro 16, 1995 .
- Longavesne Jean-Pierre. Les cinq sens de la création, « Ironie Digitale, Machines à peindre et informatique picturale », Collection Milieux Ed, Champ Vallon, 1996.
- Michel Lucas. La recherche en synthèse d'images en France depuis 30 ans, rapport de recherche IRIN, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes, 1995.
- Puck : la revue de la marionnette et des autres arts N°9 : Images virtuelles, Edition "Institut de la marionnette, Charleville-Mézières, 1996.
- Revue Techné : la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations, éditée par le Ministère de la culture et la réunion des Musées Nationaux.
- Sally Jane Norman. Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques. Rapport d'étude à la Délégation aux Arts plastiques, Ministère de la Culture. Camelopard SARL, 57 rue Montreuil, 75011 Paris (E-mail norman@wanadoo.fr). 1997.
- Françoise Viénot, J-P. Longavesne, Michel-Eugène Chevreul. Un savant, des couleurs ! « De Chevreul aux nouvelles technologies informatiques dans le domaine de la couleur », Editions du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris, 1997.

REPÉRAGE DES RESSOURCES - Remarques sur les réseaux informatiques

Jean-Claude Risset

L'apparition de réseaux de communication promettant de devenir de véritables "autoroutes" de l'information est l'un des faits marquants de la fin du XXe siècle. Il est vain d'essayer d'endiguer le développement de ces réseaux: il importe au contraire d'y être présent de la façon la plus efficace possible, de façon à y prendre part et à l'influencer au lieu de se faire prendre de vitesse et de subir les modalités déjà arrêtées.

La sensibilisation a commencé en France, mais l'importance de la question paraît encore sous-estimée. Les résistances contre la dominance linguistique anglo-saxonne tendent à freiner l'usage du web. Dans de nombreuses établissements non commerciaux, il y a peu d'incitation institutionnelle à constituer ou à mettre à

jour des sites web. L'enregistrement d'un site web est plus cher et plus onéreux en France que dans la plupart des autres pays. Il semble que les serveurs web des Universités françaises soient tous différents, alors que les Universités américaines auraient commencé à unifier leurs présentations - et pourtant l'Amérique n'est pas friande de réglementations.

A la différence de l'énergie, l'information peut se dupliquer sans coût dans la mesure où les technologies le permettent. L'accès par réseau permet cette utopie (au sens propre) de pouvoir puiser dans tout le savoir humain. On sait bien que cela pose de façon critique le problème d'accéder à des informations pertinentes et vérifiées. Sites pédophiles et révisionnistes ont proliféré par milliers sur le web, le plus grand réservoir d'informations mais aussi la plus grande poubelle du monde. Et un moteur de recherche renverra à des dizaines de milliers de sites en réponse au nom d'un compositeur comme Mozart ou Beethoven.

La situation est actuellement extrêmement mouvante et pour ainsi dire indéchiffrable, en tout cas imprévisible : aussi les remarques qui suivent sont-elles rarement conclusives.

La notion d'hypertexte résulte de la possibilité de représenter numériquement des images et des sons aussi bien que des textes ordinaires. Selon Alain Giffard, les possibilités d'hypertexte jointes à l'ubiquité des réseaux font de la "bibliothèque virtuelle" bien plus qu'une simple bibliothèque électronique ou informatisée. Dans le domaine AST, ces possibilités ouvrent de fascinantes possibilités de création et de diffusion. Toutefois, à moins de disposer d'un réseau de haut débit - ce qui pour l'instant reste compliqué et coûteux - la transmission des sons et plus encore des images reste lente. Les Etats-Unis entreprennent la construction d'un nouveau réseau - Internet est saturé, et la mise en œuvre d'un réseau plus performant est à l'étude. En France, le GIP RENATER - Réseau National de Télécommunications pour la Technologie, l'Enseignement et la Recherche - est maître d'ouvrage d'un réseau national à très haut débit en cours de réalisation. Cependant des œuvres d'art font appel depuis longtemps à des réseaux techniques. Diverses productions artistiques font appel explicitement aux réseaux et à l'interactivité. A l'aube du siècle qui s'achève, Cahill a connu aux Etats-Unis un grand succès commercial avec son "Dynamophone" ou "Telharmonium" tant qu'il a pu "livrer à domicile" sa musique électrique sur le réseau téléphonique. Avant la seconde guerre mondiale, Walter Benjamin avait réfléchi sur les changements introduits par les possibilités de reproduction et de télédiffusion. Dès 1969, Max Neuhaus réalise "Telephone access", une pièce sonore interactive auquel on peut accéder du monde entier par téléphone. Parmi les pionniers, il faut citer Keith Sonnier, Robert Adrian, Roy Ascott. L'importance conceptuelle de ces démarches est indéniable, mais le recul manque pour les juger.

La nécessité de transmettre sur les réseaux les nombreux bits correspondant à des sons ou des images a redonné une nouvelle actualité aux recherches sur la compression de l'information dans les signaux. Un codage réduisant l'information rend souvent plus difficile de modifier le signal à volonté : ainsi des sons codés de façon non linéaire ne peuvent être mixés par ajout des échantillons les représentant. Les codages tentent de tirer parti des limitations de la perception, et par exemple, pour le son, de laisser tomber les composantes masquées à l'oreille par d'autres composantes - c'est le cas des standards MPEG sur lesquels travaille le groupe ISO-MPEG. Des travaux visent à rendre possible dans le cadre de MPEG5 l'utilisation de possibilités de synthèse dérivées du langage Music 5 (SAOL, Eric Scheirer, Media Lab, MIT).

Dans l'ordre du "télétravail", les réseaux peuvent apporter des possibilités artistiques nouvelles, notamment le traitement d'images ou de sons à distance (studio en ligne de l'IRCAM, traitement du son à distance à l'Université d'York ou à l'Université Pompeu Fabra de Barcelone). Les débits élevés requis se heurtent souvent à la saturation des réseaux, à moins de pouvoir disposer d'une liaison spécialisée, ce qui est pour l'instant difficile et dispendieux. Le chapitre du rapport "Quelques propositions touchant les orientations de travail en musique et musicologie du XXe siècle", rédigé par Hugues Dufourt, propose

certaines directions de recherche en musicologie tirant parti des possibilités des réseaux et du multimédia : introduction de liens hypermédia dans les documents musicaux accessibles en réseau ; utilisation d'outils de création musicale pour la consultation et l'analyse des matériaux musicaux (sonores ou symboliques) accessibles sur le réseau.

L'accès - "libre" ou commercial - par le réseau pose des problèmes auxquels toute réponse ne peut être que prématurée ou provisoire:

- sur la fragilité des réseaux, la dépendance vis-à-vis des hautes technologies, les abus technocratiques auxquels cette dépendance peut mener et la lassitude ou les réactions de rejet qu'elle pourrait entraîner.

Actuellement un petit nombre de personnes peut peser sur le world wide web (IANA, Internet Assigned Numbers Authority, gère la distribution des messages Internet via un réseau d'ordinateurs, et NSI, Network Solutions Inc., enregistre les adresses de sites ; fin janvier 1998, un homme a pu détourner le trafic des demandes d'adresses, habituellement géré par un ordinateur du gouvernement américain). Des spécialistes comme Klaus Brunnstein, de l'Université de Hambourg, nous rappellent que la sécurité de fonctionnement reste problématique pour tout programme informatique complexe ; et les experts de l'archivage insistent sur les problèmes que la lecture des archives informatiques va poser à terme, même si des démarches comme celles du langage Java permettent d'espérer des solutions.

- sur les articulations entre le principe d'un accès libre et gratuit aux informations et l'usage commercial du réseau.

- sur la possibilité de garantir une certaine validité des informations disponibles.

Les réglementations, labels, se heurtent au côté extra-territorial des réseaux: on peut échapper à la juridiction d'un pays en s'inscrivant sur le réseau à partir d'un autre pays (cf. le point qui suit)

- sur le **vide juridique** ou au moins la facilité d'échapper aux lois d'un pays dans un espace non pas privé et restreint, mais public et planétaire.

Récemment (septembre 1998) le Conseil d'Etat vient d'estimer qu'il n'y avait pas lieu de créer un droit spécifique à Internet: il serait d'ailleurs difficile à faire respecter. Le rapport envisage la création d'une "cellule interministérielle pour la criminalité de haute technologie".

- sur la possibilité de **préserver l'identité et la propriété intellectuelle et artistique**, qui courent de grands risques, et sur les moyens d'éviter les piratages abusifs, les plagats, les appropriations indues.

Il y a actuellement un conflit entre la conception française du droit d'auteur, qui implique un droit patrimonial et moral inaliénable de l'auteur sur son œuvre, et le point de vue anglo-saxon et américain, qui prévoit une cession de droit légale et forfaitaire du créateur au producteur - cette dernière conception facilite l'exploitation commerciale, mais le créateur perd le contrôle sur l'usage qui peut être fait de son œuvre, et il est défavorisé si cette œuvre connaît un succès tardif. Telle grande compagnie d'aviation diffuse sur ses lignes un programme musical classique où sont indiqués les titres (Petite musique de nuit, Boléro) et non les compositeurs - peut-être pour ne pas avoir à payer de redevances. Or la gratuité est un mythe. Si les droits d'auteur sont escamotés pour améliorer les profits, la création et l'édition en seront très affectées et la diffusion tournera en rond avec le patrimoine existant. Déjà le "photocopillage" détournait les revenus des auteurs et des éditeurs au profit de Xerox, Canon ou Mita : en raison de la baisse des ventes, les éditeurs qui ont investi et pris des risques financiers sur des œuvres doivent augmenter leurs prix, incitant davantage encore les usagers à faire des photocopies illégales. Cette question devient brûlante avec l'usage des réseaux. Auteurs et surtout éditeurs ont fait de nombreux procès contre des sociétés qui proposent à leurs clients de télécharger sur le web des partitions et des musiques alors que ces sociétés n'en possèdent pas les droits. On notera l'existence d'un groupe, RTMark, actif sur Internet, et qui a pignon sur rue : pour sa participation au Forum du Festival Ars Electronica à Linz en 1998, il se présente comme suit: "Artist group, channels funds from donors to workers for sabotage of corporate

products, and for intelligent subversion in general". Divers organismes (rtmark@paranoia.com, illegalart.detritus.net, mark@negativland.com) promeuvent l'art "illégal" et revendiquent la licence d'exploiter le contenu de toute œuvre d'art, protégée ou non (ce que pratiquent certains acteurs de la musique techno). La session "Knowright'98" du World Computer Congress de l'IFIP (Vienne-Budapest, 31 août-4 septembre 1998) se penche sur les problèmes de piraterie, de contrefaçon, et de protection de la propriété intellectuelle sur le World Wide Web, et sur les règles et lois qui pourraient être opérantes face aux dangers encourus. (<http://www.ocg.or.at/ifip98.html>, <http://www.njszt.iif.hu/ifip98.html>).

Des techniques sécurisées respectant les droits des auteurs et des interprètes sur les réseaux sont en cours d'étude pour assurer l'usage de produits artistiques en ligne. Un projet Esprit de la Communauté Européenne, comprenant notamment la Société Euritis (Marseille) et les artistes de l'UNESCO, COSEPPA vise 3 objectifs :

- réaliser une plate-forme pilote offrant aux artistes individuels un libre accès à la société de l'information
- établir un cadre juridique autour d'une plate-forme de commerce électronique des œuvres dans le monde : promotion, négociation pour le compte des artistes des droits de reproduction des œuvres dans le respect de leur droit de propriété intellectuelle.
- Fédérer les artistes autour d'un label qualité et d'un code déontologique sur le réseau soutenu par l'UNESCO. La plate forme pilote anime un serveur Web sécurisé comprenant un système de gestion en ligne des droits, qui intègre :
 - un catalogue multilingue couplé à un système d'indexation pour le référencement des œuvres
 - un système de réservation et de commande en ligne et de paiement des œuvres.
 - Un espace de discussion et de conseils d'experts sur le métier
 - Une galerie virtuelle pour la promotion des œuvres. (Source : Euritis)

- sur le fait que la **disponibilité de l'image dans le multimédia** risque de faire reculer le son au profit de l'image ou de formes d'art véritablement multimédia - ou au contraire que la lassitude du papillotement des images et de l'hypnose qu'elle engendre peut susciter un grand retour du son - de l'art radiophonique aux conversations parlées.

- sur le fait que ces possibilités considérables vont soit converger vers des points forts, soit donner lieu à une **poussière de pratiques** sans synergie.

L'établissement de normes peut aider à cristalliser des actions éparées: mais les normes peuvent être biaisées ou restrictives, surtout si elles sont établies prématurément.

Le discours multimédia ne suffit pas à définir ce que sera la pratique multimédia. Communiquer : communiquer quoi ? On "surfe" sur Internet, on se laisse porter, on déambule, vagabonde - jouissance plutôt que voyage vers quelque part. A lui seul, le dispositif du virtuel ne nourrit pas l'imaginaire. Le médium ne préjuge pas du message artistique. Ce qui compte, ce n'est pas la technologie, mais sa mise en œuvre ; pas le support, les matériels, les réseaux, mais le contenu, les logiciels, les programmes ; pas la machine, mais la pratique. Lucien Sfez l'avait fait remarquer à propos du câblage optique : pour quelles diffusions? Il y a quinze ans, Bernard Stiegler nous avait mis en garde : il faut s'approprier les nouveaux outils technologiques, développer une pratique et une réflexion critique. L'usage de ces outils devrait être médiat : l'accès immédiat est un miroir aux alouettes. Lorsque dans les années 80 l'Education nationale a voulu introduire l'informatique dans les écoles, elle a fourni des infrastructures matérielles sans contenu, sans enseignants : échec - les enfants sont restés "illettrés", sans culture informatique. L'usage de nouvelles technologies ne constitue pas à lui-seul un programme pédagogique: pour chaque situation, il faut évaluer avec soin ses avantages et ses limites.

Paul Virilio dénonce les dangers de la vitesse. Le spontanéisme et l'immédiateté tuent la réflexion critique au profit du réflexe - archaïque ou routinier. Demeurent l'exigence du travail, l'importance des œuvres, la nécessité de développer une culture. De ce point de vue, la continuité l'emporte sur la rupture : l'efflorescence du numérique et de ses représentations ne fait qu'amplifier *l'artifice d'écriture*.

- sur le fait que la démocratisation des moyens de production artistique n'entraîne pas nécessairement la possibilité pour un individu d'être vu, entendu, reconnu dans les milieux artistiques en dehors de l'intervention de centres ou de circuits ayant une masse critique et une reconnaissance.

Le rôle des grandes institutions de recherche artistique est déplacé par la démocratisation de l'accès aux outils et à l'information (grâce à l'industrie et aux réseaux) : ce rôle reste vital en ce qui concerne la diffusion, mais aussi la recherche. Les utilisateurs de technologies artistiques se lasseront très vite des pauvres menus offerts par le commerce : la recherche artistique doit lui proposer des possibilités élaborées et restaurer une pratique artistique exigeante. Cela suppose le rapprochement des créateurs professionnels et d'un "public" évasif et délocalisé, mais soucieux d'être acteur et pas seulement spectateur et auditeur. Même si l'artiste sur réseau dispose d'une station de travail personnelle, ses ressources et sa pratique sont tributaires d'une réflexion et d'un travail collectif qui doivent se poursuivre. On ne peut monnayer indéfiniment un même corpus figé de savoirs et de savoir-faire : il faut le développer et l'adapter aux problèmes nouveaux, aux conditions nouvelles ; il faut aussi travailler pour assurer une certaine pérennité à des œuvres qui dépendent de dispositifs qui, pour des raisons commerciales, ne restent pas longtemps sur le marché.

Pour une vision optimiste des possibilités offertes par le multimédia, on pourra se reporter aux conceptions du philosophe Pierre Lévy. Pour lui, Internet symbolise la fin du néolithique. L'invention de l'agriculture signifie la fin du nomadisme - mais Internet signifie la fin de la territorialisation et le regain de la mobilité. Il permet aussi de nouveaux modes de relations, de discussions et de diffusion au sein d'une communauté qui compte déjà des dizaines de millions d'utilisateurs. Ainsi les réseaux peuvent aider dans le domaine artistique à renouveler les pratiques de présentation et de distribution, même pour des techniques de production très anciennes et nullement "hi-tech".

Un exemple : dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la compagnie Opiocolor a réussi à étendre sa clientèle asiatique en permettant aux acheteurs de choisir leurs modèles et leur coloris de céramiques avant fabrication, cela en simulant les produits en images de synthèse véhiculées par Internet.

Selon Pierre Lévy, le savoir n'est pas une marchandise, et son économie serait un contrepoids à la mentalité marchande - elle devrait gouverner le monde économique, dans la mesure où l'intelligence collective est extrêmement précieuse.

Il est clair que le contrôle des réseaux d'information est générateur de pouvoir économique et politique. Il y a actuellement une bataille en cours pour la maîtrise de ces réseaux. Comme l'écrit Castells (1998), "le pouvoir des flux prend le pas sur les flux de pouvoir". La logique du marché ne garantit pas que les meilleurs gagnent, même dans des domaines hautement techniques, ni que les plus forts se sentent tenus par des considérations d'utilité publique.

Ainsi, à la suite de bras de fer entre grandes compagnies au sujet de la norme grand public pour les magnétoscopes, VHS l'avait emporté sur Betamax en dépit de la supériorité technique indéniable de Betamax. Dans le domaine de l'informatique, on peut rester perplexe sur les stratégies de telle compagnie dont la seule justification semble être de perpétuer et d'étendre sa position dominante. On peut donc s'interroger sur les bienfaits sociaux du câblage généralisé (avantages vantés de la façon suivante suivant Schiller : "la communication vingt-quatre heures sur vingt-quatre pour toute la famille ; une éducation assurée en ligne par les meilleurs professeurs du pays ; la disponibilité des ressources artistiques, littéraires et scientifiques mondiales ; des services de santé en ligne pour tous et sans liste d'attente ; le télétravail, le dernier divertissement à la mode dans le salon de chaque Américain ; un accès facile aux responsables administratifs, et toutes sortes d'information via Internet"). En 1993 l'"Agenda for Action" de l'Infrastructure nationale d'information américaine (National Information Infrastructure, NII) annonçait : "le secteur privé pilotera le développement de la NII... C'est aux entreprises privées qu'incomberont sa création et son fonctionnement" (cf. Barber, 1998). Il est douteux qu'un pilotage privé assure à lui-seul le maintien d'un fonctionnement suffisamment soucieux d'utilité publique.

L'expansion massive et sans entraves du commerce électronique est actuellement favorisée, au détriment des spécificités culturelles et du respect de la propriété intellectuelle et artistique. Les Anglo-saxons - particulièrement les Américains - souhaitent faciliter au maximum les transactions commerciales : ils proposent ainsi de faire sauter la notion européenne de droit d'auteur - qui implique un droit moral inaliénable de l'auteur sur sa création et pas seulement

un droit commercial - par la notion de copyright, plus facilement négociable. Le risque est grand de voir, sous couvert d'éclectisme apparent - voire d'indifférence esthétique - la liberté de choix du public sévèrement menacée par la tyrannie de l'indice d'écoute et de la rentabilité immédiate, comme c'est déjà le cas sur les chaînes de télévision, et aussi par d'insidieuses considérations de "corporate image" - de l'image de marque que tiennent à préserver les sociétés privées qui pratiquent le mécénat. La logique commerciale conduit actuellement à une concentration effrénée - les fusions constituent des monopoles regroupant les secteurs de l'information, des télécommunications et du spectacle. On peut légitimement craindre de voir l'activité artistique la plus ambitieuse céder le pas à des réalisations conçues en fonction d'un grand marché, imbattables à l'indice d'écoute, au zapping ou à l'applaudimètre, qui produisent très vite la satiété.

Récemment la plus importante compagnie d'enregistrements musicaux européenne, Polygram, est passée sous le contrôle de Seagram, un groupe qui a fait sa réputation sur le whisky. La compagnie Microsoft a acquis les droits sur les collections de musées importants : elle aura le monopole de présentation sur CD, et donc la maîtrise du mode de présentation. Selon Benjamin Barber, Président du Centre Whitman pour la culture et la politique de la démocratie (Université Rutgers), la culture mondiale américaine - (culture McWorld), qui vise en principe une "démocratie de consommateurs" en multipliant les possibilités de choix, met en fait hors jeu ceux qui souhaitent une société civile internationale constituée de citoyens libres issus de cultures variées.

Même et surtout si on les déplore, on ne peut faire mine d'ignorer les développements actuels. Nous sommes à un moment crucial qui peut être celui d'une nouvelle renaissance : la façon dont s'instaure l'usage des réseaux peut avoir une influence durable (certains archaïsmes ont la vie dure, comme la disposition des touches du clavier alphanumérique, conçue pour des machines mécaniques d'un type particulier et loin d'être optimale pour les ordinateurs). Il importe d'observer avec la plus grande attention les pratiques nouvelles que suscitent les réseaux, et de faire le maximum pour que l'évolution ne soit pas portée par des impératifs purement commerciaux. Il faut être présent dans les nouveaux médias, les nouveaux supports, les nouveaux réseaux : les enjeux culturels sont importants, et les facteurs culturels jouent un rôle très important dans la suprématie de tel ou tel dispositif.

Remarques et points de repère historiques concernant les réseaux et le son

Le numérique permet de coder sous la même forme texte, image, son et geste, et ce codage protège contre la distorsion et l'ensevelissement dans le bruit. Les réalités virtuelles étaient inévitables dès la mise en œuvre des ordinateurs électroniques - et même, selon Jean-Marie Souriau, dès le théorème de Pythagore, qui donne déjà par le nombre prise sur l'espace (on peut construire un angle droit à partir de 3, 4, 5 - et les Egyptiens utilisaient déjà ce procédé, comme le rappelait Jean-Etienne Marie). La musique a convaincu Pythagore de l'harmonie des sphères : "les nombres gouvernent le monde". Le moyen de communication privilégié avec un ordinateur ou avec un réseau numérique reste le clavier : la musique a inventé le premier clavier digital, celui de l'orgue.

Internet n'est pas muet : de nombreux sites diffusent parole, exemples sonores et musique. Avec les espaces sonores illusoire, c'est la synthèse numérique du son qui, la première, a exploré les territoires virtuels. L'idée du réseau planétaire était déjà là au début de la musique par ordinateur. Dans les années 60, les explorateurs de la synthèse sonore comme John Chowning et Jean-Claude Risset se communiquaient les données numériques de leurs essais : ils ont envisagé de faciliter cette communication grâce à la constitution d'un réseau, avec l'aide de John Pierce, pionnier avec Max Mathews du son numérique et inventeur de la communication par satellite. La transmission des sons eux-même n'était alors pas praticable : la musique est trop gourmande en quantité d'information - moins cependant que les images. La bande passante s'est vite démocratisée. En 1976, messages et programmes étaient transmis par réseau entre l'IRCAM et Stanford - un réseau dont il a fallu des mois pour découvrir qui payait les communications (c'était l'hôpital de Stanford). C'est dire si le contexte économique des réseaux est souvent opaque... Dans les années 80, l'ordinateur NexT ouvrait la possibilité de messageries

sonores. Alors que le regard préserve notre isolement par rapport aux phénomènes que nous examinons de l'extérieur, notre relation au son est une *immersion*. La signalétique sonore va se développer, avec des conséquences imprévisibles. On danse sur la musique mieux que sur l'image animée.

Les musiciens ont aujourd'hui conscience des limitations qu'introduit le temps réel, et de l'importance de puiser dans des ressources de savoir-faire - pas seulement des programmes, mais aussi des banques de sons, de données, des protocoles d'utilisation d'un logiciel ou d'une station de travail. Les réseaux mettront ces ressources à portée, plus facilement. Il existe déjà plusieurs tentatives pour permettre l'utilisation à distance de serveurs pour fournir ou modifier des sons : le traitement du son distribué aux Universités d'York et de Barcelone (Pompeu Fabra), le studio en ligne de l'IRCAM. Sur le site <http://www.imagnet.fr/manca>, on peut écouter des fragments d'exécutions au festival MANCA - une fonction de vitrine - et aussi tenter quelques expériences visuelles et auditives, par exemple une espèce de "brocante sonore" où on peut apporter ou écouter des documents rares.

Les réseaux pourront permettre aussi d'étendre l'activité de l'auditeur, qui pourra intervenir aussi comme interprète, improvisateur, voire compositeur : Max Mathews expérimentait sur ces possibilités il y a trente ans déjà. Des *œuvres-matrices* pourront laisser à l'auditeur la faculté d'agencer et de modifier des fragments préparés à l'avance. Possibilités à même de raviver une pratique musicale.

Internet fait fi des territoires : des communautés se définissent par le choix d'un domaine d'intérêt, sans ancrage géographique. Plus d'effet de distance, de voisinage ou d'éloignement. Singulier, à une époque de résurgence des nationalismes et de recherche anxieuse d'identité et de racines. Un accès aussi ubiquiste aux informations est-il bien raisonnable? et sans danger? En tout cas, avec la fibre optique, la bande passante sera gratuite, comme l'air que nous respirons - on n'y pensera même plus : pourtant sa disponibilité sera vitale aux nouvelles pratiques interactives du multimédia, tout comme l'air est indispensable à la survie. La discrimination se fera par l'accès - ou non - à la technologie, et une haute technologie est toujours fragile.

On en a fait l'expérience lors du concert transatlantique des MANCA 92, organisées par Michel Redolfi, le directeur du CIRM de Nice, avec la participation de Jean-Claude Risset et de Michel Pascal : la lumière ne se propage pas assez vite pour synchroniser la terre entière. Riley à Nice, Rosenboom à Los Angeles : chacun entendait l'autre avec un peu de retard. Curieusement, il s'introduit à l'échelle de la planète un délai perceptible, d'une fraction de seconde, du même ordre que celui qu'introduit l'inertie mécanique (par exemple dans le suivi quasi-immédiat - mais pas tout-à-fait - du piano Disklavier, qui ne peut, dans les duos interactifs pour un pianiste de Jean-Claude Risset, que suivre à la trace les caprices de l'interprète). Les instrumentistes vivants répètent à l'avance. Peut-être la réponse instantanée est-elle un leurre. Aux MANCA de 1996, Redolfi et Martinez ont transmis une exécution de l'Harmonic Choir de David Hykes dans la salle du Kitchen à New York jusqu'à l'abbaye du Thoronet, qui y a ajouté sa belle acoustique réverbérante, puis de nouveau à New York, de façon que les auditeurs bénéficient de cette "téléacoustique". Ici les quelques dix secondes de réverbération sont bien plus longues que le temps de propagation des signaux.

Roland Barthes dénonçait (à propos de Dietrich Fischer-Dieskau) un *phénochant sans génochant*, une apparence en l'absence d'un corps - déjà mise en scène par Jules Verne dans le *Château des Karpathes*. Les réalités virtuelles veulent donner valeur d'épiphanies, consistance phénoménale, à des représentations numériques. Cette consistance sera plus profonde si elle est ancrée dans le corps du spectateur, si elle fait jouer les mécanismes perceptifs de façon à suggérer un monde illusoire mais prégnant. Et ces mécanismes se sont constitués dans un monde matériel au cours de millénaires d'évolution : on ne peut y échapper, même si la technologie nous permet de produire des images et des sons immatériels, affranchis des contraintes mécaniques. Mais alors, quel pouvoir de manipulation, si l'on sait bien en tenir compte! Les sens sont nos seules fenêtres sur le monde extérieur. L'hyperréalisme virtuel nous fera-t-il prendre des vessies pour des lanternes? Les féeries artistiques seront-elles détournées pour potemkiniser la réalité au profit des marchands d'illusions ?

L'idée du freeware est séduisante : mais elle peut aussi mettre en faillite les entrepreneurs culturels - producteurs, éditeurs - et compromettre la protection des intérêts économiques et du droit moral des artistes. Le mercantilisme-roi va bien trouver insidieusement son compte dans un contexte où il ne semble guère avoir sa place. La loi du marché est redoutable. Même dans le domaine technique, ce n'est pas toujours l'originalité, l'efficacité ou la qualité que sanctionne la réussite commerciale - voir VHS et Betamax, ou Windows de Microsoft. Alors, dans le domaine artistique! Problème institutionnel d'importance : qui décidera de l'accessibilité et de la promotion des œuvres sur le réseau ?

Comment échapper à la gratuité de la relation audio-visuelle - à l'*odieux visuel*? Si l'on excepte des interactions causales évidentes, la relation image-son reste mystérieuse - l'aspect visuel tendant à primer sur l'aspect auditif - mais le son crée un "climat" qui peut expliquer l'identité d'un opéra au travers de mises en scène complètement différentes. Il semble aujourd'hui que notre ancrage dans un univers mécanique implique la force de certaines corrélations : ainsi la notion de *mouvement* pourrait être un paradigme clé pour la relation image-son. La musique est danse des sons, *ars bene movandi* (Saint Augustin) : pour le compositeur comme pour l'interprète, le mouvement est plus qu'une métaphore.

Références Réseaux

- M. Alberganti. Un pionnier d'Internet démontre la fragilité des structures de la Toile. *Le Monde*, 4 février 1998.
- B.R. Barber. Vers une société universelle de consommateurs : culture McWorld contre démocratie. *Le Monde diplomatique*, août 1998.
- W. Benjamin, 1936. L'œuvre d'art à l'époque de sa reproductibilité technique.
- M. Castells (1998). La société en réseaux. L'ère de l'information (traduit de l'anglais par P. Delamare). Fayard, Paris.
- S. Deshayes, J. Le Marec, S. Pouts-Lajus, S. Tiévant. Observation et analyse d'usages des réseaux. Atelier Culture et autoroutes de l'information. Etude soutenue par le Ministère de la Culture et de la Communication et par le Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie, avec la participation de la Cité des Sciences et de l'Industrie et de la Commission française pour l'UNESCO. Février 1998.
- I. Falque-Pierrotin. 1998. Internet et les réseaux numériques. Rapport du Conseil d'Etat, Editions de la Documentation française, Paris.
- A. Giffard (1996). La bibliothèque virtuelle. *Résonances (IRCAM)* n° 10, 9-13.
- P. Lévy, 1990. Les technologies de l'intelligence. La Découverte, Paris.
- P. Lévy, 1992. La machine univers. Collection Points-science, Ed. du Seuil, Paris.
- National Information Infrastructure (NII). Agenda for Action. 15 septembre 1993, Washington, D.C.
- L. Poissant (sous la direction de), 1995. Esthétique des arts médiatiques. Presses de l'Université du Québec.
- K. Popper, 1993. L'art à l'âge électronique. Hazan, Paris.
- H.I. Schiller. Dominer l'ère électronique : vers un nouveau siècle d'impérialisme américain. *Le Monde diplomatique*, août 1998.
- B. Stiegler (1994-1996). La technique et le temps. I La faute d'Epiméthée (1994). II La désorientation (1996). Galilée, Paris.

REPÉRAGE DES RESSOURCES - L'art peut inspirer la science et la technologie

Jean-Claude Risset

Nous donnons dans ce chapitre quelques exemples issus de la musique montrant que la science et la technologie peuvent être inspirées par les arts.

La musique a toujours tiré parti des technologies de son temps. On a moins conscience des apports, pourtant significatifs, de la musique à la science et à la technologie. L'art - artisanat ou jeu métaphysique, divination intuitive et sensible - précède parfois la science. Activité qui engage tout l'être, ses ressources sensorielles et cérébrales, perceptives et motrices, la musique, avec ses exigences poussées, a souvent forcé la technique à progresser, des époques primitives à la lutherie informatique. Et l'analyse des pratiques musicales pose des énigmes stimulantes à la science, qui doit rendre compte de phénomènes structurés et hautement complexes. Le chercheur bénéficie des repères et des raccourcis du musicien, et le musicien peut être inspiré par les démarches, les rencontres, voire les accidents ou les impasses de la recherche.

La première physique fut musicale : c'est dans l'étude de phénomènes musicaux que Pythagore a appliqué l'arithmétique à l'étude des phénomènes naturels. D'où le dogme pythagoricien "les nombres gouvernent le monde" - la musique des sphères célestes aussi bien que celle des sons: cette doctrine a stimulé l'étude scientifique des phénomènes naturels. La psychoacoustique est née avec Aristoxène le musicien. La première grande "machine" est probablement musicale : dans l'orgue, qui remonte à plus de deux siècles avant Jésus-Christ, l'énergie mise en jeu pour la production du son n'est pas produite par l'interprète - ce dernier se concentre sur la spécification de l'information musicale en touchant son clavier. La touche d'orgue est peut-être le premier interrupteur. Le clavier musical est d'ailleurs l'ancêtre de celui de la machine à écrire et du terminal d'ordinateur. Dès le XVIIe siècle, Kircher décrit divers automates musicaux, notamment des orgues actionnés par des tambours à picots qui sont sans doute les premiers exemples de programmes enregistrés ; avant Descartes, la musique y est codée dans un système de coordonnées cartésiennes. Ces systèmes ingénieux ont sans doute inspiré la théorie des animaux-machine. Selon l'historien britannique Geoffroy Hindley, c'est la notation musicale occidentale qui a inspiré le recours aux coordonnées cartésiennes - ce qui est à la source du développement considérable de la science occidentale avec la résolution des équations différentielles traduisant la loi de Newton. Galilée, établissant les fondements de la dynamique, aurait eu recours aux capacités rythmiques de moines musiciens qui comptaient en mesure pour lui servir de chronomètre.

Les instruments de musique des différentes civilisations musicales ont évolué pour aboutir à une espèce d'optimum acoustique dans les conditions dans lesquels ils sont utilisés. Ainsi ils exploitent souvent les zones les plus sensibles de l'oreille. Emile Leipp et son école ont insisté sur le fait que les propriétés du système auditif sont inscrites dans la structure des instruments - propriétés que les luthiers ont comprises de façon sans doute empirique, mais qui les a amenés à concevoir des dispositifs opératoires et efficaces. Johan Sundberg a montré les mécanismes subtils et performants en action dans la voix chantée.

Bien des concepts furent mis en œuvre implicitement en musique avant d'être dégagés en mathématiques, par exemple les notions de logarithme, de modulo arithmétique, de groupe de transformations. Yves Hellegouarch rappelle que Farey a développé l'importante théorie mathématique des séries qui portent son nom en étudiant les rapports de fréquence des intervalles musicaux. Selon Hellegouarch, la considération approfondie du phénomène musical pourrait stimuler une invention mathématique moins discursive, plus intuitive et holistique, voire romantique. En fait Hellegouarch lui-même a montré dès 1970 la voie qui a abouti récemment à la démonstration du théorème de Fermat, en remarquant que si le théorème de Fermat était faux, on pourrait construire des courbes algébriques aux propriétés merveilleuses au point d'être invraisemblables ; peut-être ce rapprochement si original est-il lié à sa formation musicale : premier prix du Conservatoire de Paris en violoncelle, il n'est jamais allé au Lycée avant le baccalauréat. Cinquante ans avant Chomsky, le musicologue viennois Schenker a introduit une théorie de la musique tonale faisant déjà appel à la notion de grammaire générative.

Lee de Forest visait la production d'oscillations électriques musicales lorsqu'il a inventé "l'audion" -la lampe triode, pierre angulaire de l'électronique (il a d'ailleurs produit quelques années plus tard le premier instrument électronique). C'est à des fins musicales que Max Mathews a mis en œuvre en 1957 l'enregistrement et la synthèse numérique des sons. Les exigences sonores et musicales ont suscité dès la fin des années 50 la conception des premiers programmes objets modulaires, avec les compilateurs MUSIC de Mathews, et dans les années 60 la mise en œuvre d'ordinateurs dédiés, ancêtres des microordinateurs personnels.

L'environnement graphique MAX de Miller Puckette, à l'avant-garde des programmes temps réel, met en œuvre des procédés de "scheduling" originaux et efficaces. Les musiciens peuvent tirer parti de leur représentation détaillée du domaine sonore, riche de points de repère, au delà du champ musical : bien des chercheurs musiciens (citons Olive, Lindblom, Sundberg, Lieberman) ont apporté des contributions décisives à la recherche sur la parole ; et Nilssone et Sundberg ont montré récemment que la réussite des musiciens était meilleure dans certaines tâches non musicales.

L'exploration des ressources de la synthèse des sons par ordinateur - recherche cumulative à laquelle ont contribué scientifiques et musiciens - a bouleversé notre conception du son musical et de sa perception. C'est la nécessité d'exploiter les analyses sonores pour composer le son musical et de ne pas se satisfaire d'une étude académique qui a poussé Mathews, Chowning et l'auteur à développer les méthodes d'analyse par synthèse, dans lesquelles la sanction de l'écoute du son recomposé devient le critère de la pertinence de l'analyse : notre compréhension du son musical en a été transformée. L'analyse par synthèse a permis de simuler des timbres instrumentaux et d'isoler les paramètres physiques qui déterminent effectivement le timbre - non seulement le spectre, par exemple, mais aussi les corrélations entre le spectre et la fréquence (pour le violon) ou l'intensité (pour la trompette). La synthèse des sons musicaux a permis de produire des illusions auditives - illusions de mouvement, descentes indéfinies. Comme l'a dit Purkinje, "les illusions, erreurs des sens, sont des vérités de la perception". La synthèse a également permis de comprendre comment l'audition procède pour identifier deux sons de timbres différents joués à l'unisson, et plus généralement pour démêler les sources sonores différentes dans l'écheveau des multiples composantes spectrales qui lui parviennent. L'organisation auditive est très spécifique, elle traduit, "transmue" les relations entre paramètres physiques - que spécifie le compositeur - en relations entre paramètres sensibles : il est important de comprendre les modalités de cette transmutation, qui est moins transparente qu'on ne le croit, pour pouvoir en jouer au lieu d'être joué par elle, pour que les structures musicales imaginées puissent être traduites sans distorsion dans le domaine audible. Ici, la connaissance scientifique rejoint la création musicale.

Sans l'informatique musicale, l'acoustique instrumentale et l'acoustique architecturale seraient privées d'innovations des plus significatives : les espaces illusoires de Chowning, les simulations de salles de Schröder, Damaske, Gottlob et Blauert, la caractérisation des paramètres acoustiques pertinents par le biais de l'analyse par synthèse, les modèles physiques de Cadoz, les diagrammes chaotiques de Laloë et Gibiat, les représentations vibratoires de Rossing. Les études d'absorption active, visant à atténuer un son en envoyant une copie de ce son en opposition de phase, seraient restées velléitaires. L'informatique elle-même a bénéficié plus d'une fois des apports de l'informatique musicale - avec les premières expériences de créativité artificielle (Hiller, Barbaud, Xenakis) ; les premiers langages modulaires, articulés comme le langage à partir d'éléments en petit nombre (MUSIC III de Mathews) ; les premiers ordinateurs dédiés, préfigurant les ordinateurs personnels et fournissant de nouvelles possibilités de communication homme-machine (le DDP224 de Denes avec le système GROOVE de Moore et Mathews) ; les architectures nouvelles de systèmes intégrant les impératifs temps réel et ceux de l'efficacité de calcul (comme le système informatique intégré de l'ACROE ou les stations de travail actuellement à l'étude) ; les capteurs programmables à retour d'effort (ACROE) ; l'ordonnancement temps réel (le "scheduling" dans l'environnement graphique en programmation objet MAX de Miller Puckette) ; la messagerie sonore. Nombre d'étudiants musiciens de John Chowning sont chercheurs dans des firmes d'informatique comme Apple ou NextT.

La recherche en informatique musicale doit jouer un rôle critique envers les développements technologiques et commerciaux qu'elle a souvent inspirés, et qui paraissent à certains la rendre superflue. L'importance pratique de la synthèse ou du traitement numérique des sons est considérable. Le développement de la microélectronique rend les techniques numériques plus accessibles. Aujourd'hui les synthétiseurs sont pour la plupart numériques : ces outils personnels sont des ordinateurs spécialisés, et même si leur usage est parfois rudimentaire, leurs ressources tirent parti du savoir et du savoir-faire développé au cours de l'exploration des ressources de la synthèse sonore par ordinateur. Mais il est grand temps de faire litière du fétichisme du matériel, de l'objet technologique miracle. Ce qui compte, c'est moins le matériel, la structure, les circuits, la machine, que le logiciel, la fonction, les programmes, le savoir-faire - l'investissement intellectuel de la pratique, de l'expérience et de la recherche. Or la logique commerciale fait bon marché de la nécessité de durer : les instruments matériels dans lesquels cet investissement est "réifié" risquent de pâtir du caractère périssable des produits du commerce. Seule l'informatique - au sens le plus large - permet l'accumulation des connaissances, du savoir-faire, leur portabilité vers de nouvelles mises en œuvre technologiques, leur conservation et leur dissémination : les possibilités des réseaux et les promesses des systèmes experts font espérer de grands progrès vers une transmission de plus en plus conviviale et efficace.

Il y a des cas où les exigences techniques de la musique n'ont pu être satisfaites que par des musiciens qui ont utilisé l'informatique - un peu d'informatique - comme une technique qu'ils se sont appropriés : la connaissance de la problématique des champs spécifiques comme la musique est plus longue à acquérir et plus cruciale que la maîtrise de l'usage de l'informatique comme technique. Cas exemplaire, celui de la notation musicale assistée par ordinateur. Pour s'attaquer à ce problème, un très grand constructeur d'ordinateurs avait réuni dans les années 60 un comité de spécialistes de l'informatique graphique, de l'édition musicale, de la notation musicale : or le problème a été résolu bien plus efficacement par Leland Smith, compositeur et instrumentiste, qui s'était mis à l'informatique pour suivre les recherches de son étudiant John Chowning, et qui, travaillant seul, a mis au point en Fortran, un langage que les informaticiens jugent désuet et inadéquat, le programme de notation musicale de loin le plus complet, le plus professionnel et le plus performant (ce programme est utilisé pour la "gravure" des œuvres nouvelles par les Editions Schott, et aux Etats-Unis par les Editions Schirmer).

Citons un autre cas significatif dans le domaine du mouvement - du "geste d'excellence". Les handicapés se plaignent souvent des mouvements hachés des dispositifs automatisés qu'on construit pour les aider. Aux Etats-Unis, un constructeur de tels dispositifs a demandé un chorégraphe de réaliser une chorégraphie pour robot et danseurs, espérant conférer à ses robots pour handicapés plus d'humanité et de grâce.

Les innovations apportées par la recherche artistique - notamment la recherche musicale - ont été maintes fois exploitées par d'autres disciplines, ce qui est un hommage implicite: mais trop souvent l'origine de ces innovations est oubliée, voire occultée - l'activité AST est récupérée sans être créditée.

Il importe de dépasser des motivations étroitement utilitaires. Par définition, on ne peut planifier la véritable innovation, celle qui déborde les cadres de la prévision a priori. La recherche authentique est à long terme, et elle demande un engagement profond. Même dans les domaines purement scientifiques ou techniques, c'est souvent la quête du beau qui meut le chercheur de haut vol.

Références

- Actes des Assises de la recherche du Ministère de la Culture, (2 vol.), Paris, 17-18 juin 1996.
- Alliage (Culture, Science, Technique). Revue trimestrielle, 78 route de Saint-Pierre de Féric, 06000 Nice. Cf. en particulier le numéro spécial 33/34, 1997/1998, Statut esthétique de l'art technologique.
- M. Borillo & A. Sauvageot (sous la direction de), 1996. Les cinq sens de la création : art, technologie, sensorialité. Milieux, Champ Vallon, Seyssel.
- Collectif. "Destins de l'art, desseins de la science", Actes du Colloque ADERHEM de Caen, ADERHEM, p. 85 (1991).
- H. Dufourt, 1991. Musique, pouvoir, écriture. C. Bourgois, Paris.
- P. Francastel, 1956. Art et technique. Denoël-Gonthier, Paris.
- Leonardo, 1994 (J. Mandelbrojt, guest editor). Special issue Art and Science - Similarities, differences and interactions. Vol. 27 n° 3.
- M. Loi (sous la direction de), 1994. Mathématiques et Arts. Ed. Herman, Paris.
- J. Mandelbrot. Les cheveux de la réalité - autoportraits de l'art et de la science. Alliage, Nice, 1991.
- J.C. Risset, 1985, Le compositeur et ses machines -de la recherche musicale? In Esprit (numéro spécial "Musique contemporaine - comment l'entendre"), 59-76.
- J.C. Risset, 1988, Perception, environnement, musiques, Inharmoniques, 3, pp. 10-42.
- J.C. Risset, 1991, Musique, recherche, théorie, espace, chaos. In Harmoniques 8/9, 273-316 (numéro spécial Musique, théorie, recherche).
- J.C. Risset 1994. Sculpting sounds with computers : music, science, technology. Leonardo 27, 257-261.
- .P. Schaeffer, 1966. Traité des objets sonores. Ed. du Seuil, Paris (avec des disques s sonores).
- M. Sicard (sous la direction de), 1995. Chercheurs ou artistes. Autrement, série Mutations, n° 158.
- V. Sorensen, 1989. The contribution of the artist to scientific visualization.
<http://felix.usc.edu/text/scivi1.html>

STRATEGIES SCIENTIFIQUES - Stratégies scientifiques : Musique

Hugues Dufourt
Bernard Bovier-Lapierre, Stéphanie Glas
avec la participation de Michel Decoust et Claude Cadoz

Préambule

Claude Cadoz

"(...) comment dire que l'homme est un corps de mammifère d'organisation pourtant unique, enclos et prolongé par un corps social aux propriétés telles que la zoologie n'a plus de poids dans son évolution matérielle, sans faire intervenir la paléontologie, le langage, la technique et l'art ? "

André Leroi-Gourhan

" Le geste et la parole " (1964)

L'activité artistique est une composante du développement de la société. Elle lui donne des représentations d'elle-même et du monde et lui permet de se mettre en projet. Elle participe,

comme l'activité scientifique et l'activité technologique, au processus de connaissance et de transformation du monde par l'homme.

La création et la réception des œuvres artistiques entretiennent des liens étroits : si des artistes imaginent et produisent des œuvres inventives, la réception de celles-ci suppose toujours, à différents degrés, un processus également créatif. Entre la création et la réception, se situent une grande variété d'activités qui les combinent d'une quantité de manières.

L'activité artistique ne peut s'exercer que par la mise en commun de compétences, connaissances, outils matériels et intellectuels, actions ; mais comme l'activité scientifique ou technologique, elle comprend des phases intrinsèquement liées à l'individu et l'événement, situés de manière singulière dans la société et l'histoire.

L'activité artistique s'articule avec la science et la technologie. Cette articulation est très ancienne. Les arts ont tiré parti des technologies avancées de leur temps, et nombre de théories esthétiques ont été marquées par des considérations scientifiques. En retour les savoir-faire et les exigences artistiques ont souvent suscité des progrès techniques, voire stimulé des avancées scientifiques. La création artistique ne peut toutefois se réduire à l'application stricte de savoirs scientifiques ou technologiques et il ne peut exister de savoirs scientifiques ou technologiques définitifs d'où elle se déduirait. Parce qu'elle produit des objets matériels, des artefacts, l'activité artistique utilise la technologie. Mais des technologies peuvent être utiles à l'art sans avoir été élaborées pour l'art, et l'art peut susciter des recherches et des développements technologiques ayant d'autres applications que l'activité artistique.

L'activité artistique est recherche en soi: comme la recherche scientifique, elle implique une attitude de questionnement. Les objets et les œuvres artistiques, créés individuellement ou collectivement, sont souvent des propositions plutôt que des affirmations. En tant que tels, ils entrent dans un processus qui engage la société et fait qu'elle est elle-même créatrice.

L'activité artistique est indissociable de l'activité économique.

Elle est fin et moyen. Fin en soi parce qu'elle n'a pas besoin d'autre légitimité que celle de sa fonction de représentation et de mise en projet de l'homme et du monde. Mais elle appelle des moyens économiques, nécessaires à la mise en œuvre de ses moyens de production.

Elle est un "moyen pour l'économie" parce que, comme toute activité humaine, l'activité artistique s'inscrit dans un processus matériel producteur de biens et de valeurs proposés à l'échange mercantile.

Sa fonction économique ne saurait cependant la ranger au seul statut de "produit". Le considérable développement des échanges matériels et informationnels multiplie la quantité et la circulation des objets susceptibles de porter, bien ou mal, l'identité culturelle de qui les produit. L'art, en tant que porteur de la culture, doit pouvoir s'imprimer explicitement et naturellement dans les objets soumis à ce vaste échange. L'activité artistique, à ce titre, n'est pas simplement créatrice de produits, ce sont les produits en général qui doivent faire à l'art et à la création artistique, la part qui leur revient.

Plus globalement, **le développement de la créativité artistique est la vitalité économique sont indissociables.** Critiquant le côté passif pour le public de ce que l'on nommait déjà l'"audio-visuel", André Leroi-Gourhan écrivait en 1964: "*L'imagination est la propriété fondamentale de l'intelligence et une société où la propriété de forger des symboles s'affaiblirait perdrait conjointement sa propriété d'agir*"

(André Leroi-Gourhan - "Le geste et la parole" - 1964)

La création artistique apporte à la science, la technologie, l'économie et reçoit d'elles en retour. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication transforment prodigieusement les conditions, économiques, matérielles, intellectuelles, sociales de la création artistique. A la faveur de ces nouvelles technologies, une étape à ne pas manquer est probablement celle de **l'éducation de la créativité artistique**.

I. Originalité et structure de la recherche interdisciplinaire dans le domaine AST

I.1. Les conditions de l'innovation interdisciplinaire

I.1.1. Un décloisonnement nécessaire

Le cloisonnement entre les disciplines constitue le principal obstacle au développement d'un pôle AST. Chaque discipline prend soin de délimiter son domaine de compétences et invoque aussitôt le découpage ainsi obtenu pour s'exonérer de toute implication artistique. Le rejet des sciences de l'art, des sciences pour l'art, des technologies à finalité artistique, l'impuissance à concevoir et à mettre en œuvre des industries culturelles n'ont pas seulement leur source dans des raidissements corporatistes ou dans les préventions d'une communauté scientifique mal préparée à l'idée d'une coopération nécessaire entre activité artistique, structures productives et institutions éducatives.

Ces échecs répétés sont également imputables au refus d'admettre le principe même d'une science et d'une technologie à finalité artistique. Le développement de l'informatique musicale, de la psychologie cognitive de la musique, de l'acoustique instrumentale, de l'acoustique des salles, du traitement du signal n'a pas suffi à accréditer l'idée que les sciences de la musique concentrent leurs programmes de recherche sur des problèmes complexes et spécifiques.

Les canons actuels de l'organisation de la recherche scientifique, qui planifient les secteurs globaux et laissent le détail interdisciplinaire à l'initiative des individus, au hasard des rencontres, aux interactions spontanées, ne sont guère propices à une promotion de la recherche artistique. Ils favorisent en outre un certain conservatisme car ils inscrivent d'office les discontinuités du savoir et les innovations radicales dans le cadre réducteur du nomadisme théorique.

A contraindre ainsi la recherche artistique à se conformer aux critères de la recherche scientifique et à en épouser la structure, on la prive de son sens. L'informatique musicale ne s'est pas édifiée sur le démembrement du savoir en une multitude hiérarchisée de compétences techniques. Elle a requis au contraire des attitudes théoriques neuves et une aptitude à la synthèse. La tendance actuelle à constituer de gros laboratoires, qui révèle une soif de reconnaissance et manifeste une volonté d'identification mimétique à la recherche scientifique, peut représenter une entrave à la logique même de la recherche artistique. Les procès de concentration qui affectent les centres de recherche artistique et qui répondent à des besoins accrus de financements peuvent conduire à des résultats décevants. Ils engagent en outre la recherche artistique dans une division du travail de la recherche qui fait prévaloir l'utilisation des moyens techniques de la recherche sur les finalités de la recherche elle-même.

La recherche artistique s'est vue, d'autre part, constamment détournée de ses fins productives par une organisation du travail scientifique qui la réduisait au commentaire, que celui-ci fût logique, épistémologique, historique ou esthétique. Coupée de la prospective, la recherche en art n'était admise par la communauté scientifique qu'appliquée au passé. La recherche en art a été ainsi progressivement vidée de sa substance et détournée vers des activités savantes, d'érudition ou d'exégèse. Si, depuis 1981, le domaine de la musicologie s'est notablement structuré et s'est constitué en une discipline reconnue, c'est au détriment de la recherche musicale dont la société savante ne pouvait concevoir les liens avec la création et le secteur productif. La meilleure représentation de la musicologie au sein de l'institution savante a fait écran à une recherche musicale qui n'est pas parvenue, dans son sillage, à se constituer en un domaine reconnu.

1.1.2. La recherche artistique : identification et reconnaissance d'un nouveau secteur

Cette recherche musicale, uniquement soutenue par le Ministère de la Culture, n'a pas suffisamment essaimé, faute de relais institutionnels et pédagogiques. Les campagnes répétées qui ont été menées contre le principe de cette recherche ont conduit celle-ci à se replier sur un champ étroitement circonscrit, où la part respective des créateurs, des chercheurs et des ingénieurs est mal définie, exacerbant par là les craintes et les rivalités internes.

Coupée du secteur de la production par une politique ambiguë qui attendait davantage d'une vitrine idéologique que d'une recherche effective, la recherche musicale a été ainsi conduite à se justifier toujours davantage par les contrats, le cas échéant, par les brevets, non par les œuvres. Réduite à des positions défensives et contrainte dans le même temps à multiplier les efforts de communication, la recherche musicale s'est dangereusement coupée des réalités présentes alors même que la qualité de ses chercheurs est internationalement reconnue.

La première mesure en faveur de la recherche musicale consisterait à lui reconnaître le droit d'exister sans lui demander d'autres titres de justification. Il faut cesser de considérer la recherche musicale comme un secteur marginal, subalterne, sans portée théorique réelle et sans incidence économique. Ces préjugés tenaces, desquels la société savante tire des arguments toujours renouvelés pour nourrir son hostilité à l'art, freinent l'essor d'un domaine artistique et technologique aux implications économiques non négligeables. Ne disposant que d'un très petit nombre de chercheurs et de créateurs dans ce domaine d'ailleurs tenu à bout de bras par le Ministère de la Culture, l'Etat ne s'est pas donné les moyens de faire face aux besoins sans cesse croissants en matière d'art, de techniques de l'art, de métiers de l'art, de formation à la recherche et d'éducation esthétique du plus grand nombre.

Alors qu'elle devient un enjeu démocratique, la recherche musicale ne connaît qu'une audience confidentielle et demeure l'apanage d'une minorité qui tend à préserver les avantages qu'elle tire de sa situation de monopole.

Confinée dans un domaine étroit et ne disposant que d'une marge d'initiative réduite, la recherche musicale s'épuise en justifications et devient l'otage de ceux-là même qui ont pour charge de la promouvoir. Ainsi les ingénieurs et les chercheurs sont-ils trop étroitement assujettis à des impératifs d'ailleurs contradictoires de recherche proprement dite et de valorisation, qui entrent eux-mêmes en conflit avec les nécessités de la production musicale et

les exigences de la formation à la recherche. Peu nombreux, tiraillés entre des obligations qui deviennent peu compatibles entre elles, contestés sur le fond, les membres de cette communauté ne disposent plus du temps ni du recul qui sont nécessaires à toute démarche interdisciplinaire. Eux-mêmes sont contraints à se retrancher dans un domaine incontestable de compétences qui se hérissent de calculs défensifs.

De fin première, la musique en vient insensiblement à se concevoir comme une recherche appliquée, une illustration ou un alibi pour des recherches qui se mènent indépendamment d'elle.

Les compositeurs pourraient être alors peu à peu tenus à l'écart d'une recherche à laquelle ils auraient de moins en moins part.

1.1.3. La nécessité d'un contrôle afin de prévenir les risques de multiples dérives

C'est donc à l'interversion pernicieuse des fins et des moyens qu'il faut en deuxième lieu prendre garde.

Pour être préservée, la recherche musicale doit atteindre une masse critique par le regroupement et l'embauche de chercheurs et d'ingénieurs, par la création d'une formation doctorale ouverte à la pratique de l'ordinateur ainsi qu'à la pratique musicale et surtout par une organisation du travail qui permette de diversifier les tâches et les fonctions tout en les intégrant mutuellement. Une meilleure répartition des compétences et des facultés devrait permettre d'aborder pour eux-mêmes les problèmes de la création et de renoncer à l'idée assez vaine selon laquelle le seul développement technologique peut suppléer à tout et pallier notamment les carences de la recherche musicale et de la création.

Il faut également veiller aux risques de dérive qui pourraient résulter d'une politique consistant à financer la recherche musicale par des contrats avec l'industrie n'ayant pas de rapport direct avec cette recherche et ne visant pas pour autant à développer les industries culturelles. Bien des innovations qui ont eu des applications dans de multiples domaines sont issues d'une recherche purement musicale: il est important de préserver cette préoccupation artistique sans compromis. L'indispensable établissement des liens avec l'industrie ne doit pas se faire au détriment de la recherche musicale ni des industries liées à l'art.

L'obligation de résultats qui a été faite à la recherche musicale a conduit ce secteur à se justifier également par le concert, incitant les organismes de recherche à se poser en acteurs de la vie musicale. L'investissement croissant de la recherche musicale dans le domaine de la production artistique traditionnelle ne doit pas dissimuler l'intégration insuffisante de cette recherche au domaine qui pourrait être plus naturellement le sien, celui des industries culturelles.

Pour permettre à la recherche musicale de se renforcer, il conviendrait d'éviter les sectorisations excessives et de resserrer les liens interdisciplinaires. Les grands organismes n'ont de regard que pour les très grandes unités et tendent à négliger les disciplines naissantes.

1.1.4. Moderniser la gestion de la recherche artistique

C'est à un décloisonnement de l'ensemble des corps très spécialisés de la recherche musicale qu'il conviendrait de procéder en mettant un terme aux rivalités corporatistes qu'entretient un partage ambigu de compétences entre les tutelles ministérielles. La recherche musicale n'est pas reconnue comme recherche scientifique alors qu'elle en constitue une branche performante. Elle est entièrement soutenue par le Ministère de la Culture, qui apporte de plus des contributions significatives aux formations doctorales qui s'y rapportent ainsi qu'à la recherche documentaire. Il conviendrait de donner au corps de la recherche musicale un caractère plus interministériel afin de limiter les dysfonctionnements qui résultent d'une réunion de chercheurs placés sous des autorités de tutelle qui persistent à s'ignorer.

On peut déplorer en outre la résurgence d'une tendance scientiste au sein même du milieu de la recherche musicale, qui a tendance aujourd'hui à ne concerner que le secteur des Sciences pour l'Ingénieur, alors qu'il ne se rattache plus aux sciences humaines que par le lien ténu de la musicologie. Ce partage, qui sert des commodités budgétaires et consolide des situations acquises, encourage en outre des tendances protectionnistes et des impérialismes particularistes. Il serait regrettable de voir réapparaître dans un secteur aussi avancé des pratiques anciennes et condamnables : formes diverses de rétention de l'information, stratégies esthétiques ésotériques, dérobades dans l'ultra-technicité, mainmise sur les matériels de pointe, organisation rigoureusement hiérarchique du travail qui ne permet aucune relation bilatérale, réticence à admettre les partenaires comme des interlocuteurs à part entière, accaparement des crédits et des moyens de la recherche, et politique de la communication qui annonce plus qu'elle ne tient. Ces tendances protectionnistes ont pour effet de renforcer les clivages entre les disciplines et de distendre les liens de la recherche et de la création d'une part, les liens de la recherche, de la création et de l'industrie d'autre part. Une telle politique compromet l'avenir de la recherche musicale alors qu'une stratégie publicitaire présente cette dernière sous des dehors flatteurs.

Les efforts de l'Education Nationale pour divulguer ce type de recherche ont rencontré des obstacles sérieux, en particulier dans la transmission des savoir-faire. Les deux objectifs qui avaient été assignés en 1989 par le Ministère de l'Education Nationale – la formation pratique des étudiants en musique et musicologie du XXème siècle et la maîtrise des nouvelles technologies – n'ont pas été atteints.

L'actuel partage des compétences entre le Ministère de l'Education Nationale et celui de la Culture est à la source de dysfonctionnements structurels. Car on continue de développer un art qui n'est pas reconnu par l'enseignement supérieur et de délivrer un enseignement musicologique qui n'est pas étayé par la pratique musicale du plus haut niveau.

L'exception française développe une musicologie universitaire académique validée par des diplômes, mais qui ne s'appuie pas sur la pratique artistique de haut niveau. Les Conservatoires Nationaux Supérieurs de Musique, quant à eux, sous-estiment la portée de la théorie dans la pratique de haut niveau. Il y a là une anomalie historique par rapport à l'Europe, et un danger réel. Ailleurs la musicologie pénètre davantage la pratique musicale et la fait évoluer - qu'on songe au cas exemplaire d'Harnoncourt.

Ces contradictions réapparaissent au sein même de la recherche musicale qui juxtapose, sans cohérence suffisante, l'ingénierie, la musicologie et la production artistique proprement dite. Les acteurs de cette recherche sont portés à entériner une situation d'exception dans laquelle ils voient un moindre mal.

Toutefois, le développement du secteur AST s'en trouve compromis car ce dernier repose sur une intrication de théorie et de pratique que la répartition actuelle de compétences entre les tutelles ne favorise pas.

Si les enseignements théoriques consacrés à l'informatique musicale commencent à être dispensés, les enseignements pratiques dans cette discipline qui prépare à la recherche, à la création et à la production n'ont pu voir le jour dans le cadre universitaire, faute de personnels d'encadrement, d'équipements, de locaux et de personnel administratif. Les enseignements pratiques actuellement dispensés sont payants.

Si les chercheurs et le personnel administratif relevant du Ministère de la Culture ont apporté, dans l'ensemble, un concours appréciable à la formation à la recherche, ils n'ont pu le faire que dans les limites imparties à leur propre mission.

Il serait regrettable que l'éducation nationale puisse donner l'impression d'attendre des personnels de la culture une transmission des savoirs et des savoir-faire ainsi qu'une contribution importante en locaux et moyens sans autre contrepartie que la délivrance de diplômes universitaires.

Le monde universitaire risque de rencontrer des difficultés croissantes à faire valoir ses titres à diriger une recherche et un secteur productif à l'essor desquels il n'a pas pris part. A l'inverse, il paraît douteux que le milieu de la culture puisse indéfiniment soutenir une recherche qui n'aura pas trouvé de relais universitaires ni industriels.

Les barrières qui s'élèvent au sein même de la recherche musicale et qui reproduisent les répartitions traditionnelles de compétences entre le Ministère de la Culture et le Ministère de l'Éducation Nationale, ne permettent pas la formation des praticiens. Une telle dissociation ne prépare pas aux futurs métiers de la recherche, dissuade les compositeurs d'acquérir une formation musicologique approfondie, voue les théoriciens et les musicologues à des exercices académiques et entretient les ingénieurs dans l'illusion qu'ils pourront un jour se substituer aux compositeurs. Un tel partage ne sert pour finir que les intérêts d'une administration qui, réduisant les problèmes théoriques posés par l'interdisciplinarité à des questions d'organisation, en démultiplie indéfiniment la gestion.

1.1.5. Instituer des liens entre la recherche artistique et le secteur de la production

Les relations Art/Entreprise sont traditionnellement conçues dans la perspective du mécénat. Des types d'association nouveaux pourraient être envisagés, qui feraient émerger des compétences spécifiques. On pourrait envisager une organisation du travail en des secteurs autrement répartis : fournisseurs/développeurs des machines de la recherche/création (synthèse d'image, de sons, logiciels spécialisés), éditeurs/diffuseurs des produits de la création, animateurs des manifestations (salons, écoles d'été, ateliers, académies...), exploitants des licences des produits de la recherche, développeurs des produits pédagogiques.

Les stratégies en matière d'emploi sont également à reconsidérer. L'action proposée ne devrait pas se limiter à faire émerger des créateurs. Elle pourrait également assigner des objectifs à la formation des scientifiques (nouveaux profils d'informaticiens ou d'ingénieurs). On pourrait concevoir des corps de métiers adaptés à ces stratégies : techniciens, interprètes, gestionnaires. Ainsi définie, une formation nationale ne peut se reclure sur elle-même et doit attirer les créateurs étrangers.

Parmi les priorités de la stratégie scientifique de l'AST, il convient de prendre en compte les processus d'adaptation et de formation et de considérer qu'à l'image des contrats initiatives-emploi, une formation doit être non seulement donnée, mais conçue, programmée et chiffrée. La préparation aux nouvelles technologies implique que l'on prenne en considération l'argent public, les procédures et le temps nécessaire pour dispenser une formation aux intéressés. Celle-ci ne doit pas se fonder exclusivement sur une logique de dépense mais répondre à une identification des métiers de l'avenir.

Les relations entre le milieu des beaux-arts et celui de la science et de la technologie sont également à réexaminer. Il est délicat de prétendre profiter de la double appartenance des acteurs sans lui accorder de reconnaissance officielle, au seul motif d'un souci de séparation des genres. Il paraîtrait plus judicieux et plus équitable de tirer parti des ressources des acteurs pourvus d'une double compétence sans leur demander de donner perpétuellement des gages aux disciplines dont ils sont issus. D'autre part, les chercheurs ou les ingénieurs possédant une spécialité définie - les experts -, qui souhaitent participer à des recherches collectives inédites, devraient voir leur compétence pleinement reconnue, sans être exposés au risque de la marginalisation.

On pourrait ainsi envisager un double type d'évaluation pour les personnels engagés dans la recherche en art : une évaluation spécifique concernerait les chercheurs dotés d'une double formation et capables de conduire des recherches mitoyennes pouvant aboutir à la fondation de nouvelles disciplines.

Un autre type d'évaluation spécifique s'appliquerait aux experts qui, en faisant progresser leur propre domaine, permettent l'essor de disciplines connexes.

L'aptitude à accélérer les phénomènes de convergence entre les disciplines et à créer par là de nouveaux objets, de nouvelles techniques de pensée et de nouvelles méthodes de travail, doit valoir pour elle-même, sans être toujours rapportée aux secteurs traditionnels de l'évaluation. Le métissage des disciplines doit cesser d'être considéré comme un rapprochement bâtard et apparaître au contraire comme un ressort fondamental de l'innovation. Cette fécondité doit être prise en compte dans les critères de l'évaluation disciplinaire.

Les critères de la double compétence doivent être entendus dans une acception très large car nul ne peut présumer des prochaines rencontres entre les disciplines ni de la hardiesse de points de vue théoriques nouveaux. Aussi la dimension scientifique de la recherche artistique ne s'épuise-t-elle pas dans une définition de la recherche réduite à des programmes. Au surplus, l'âpreté des rivalités sectorielles ne permet pas toujours une appréciation sereine du possible théorique.

1.1.6. La logique des recoupements

La recherche artistique ne peut enfin ignorer les rapprochements entre les disciplines scientifiques. De même que la recherche musicale se fonde sur l'entrecroisement de plusieurs disciplines - informatique, traitement du signal, acoustique instrumentale, acoustique des salles, psychologie cognitive de la musique, composition assistée par ordinateur - de même elle se nourrit du renouvellement mutuel de disciplines scientifiques qui elles-mêmes se recoupent - optique, micro-électronique, propagation radio, techniques de codage et de compression, traitement du signal, systèmes d'information, matériaux, interfaces homme-machine, interconnexion des réseaux.

C'est donc à une problématique de l'interdisciplinarité qu'est suspendu le développement de la recherche musicale, qui doit à la fois se démocratiser et mieux s'articuler à la production artistique.

I.2. La recherche artistique (spécialement musicale)

I.2.1. La modélisation : une recherche fondamentale

La recherche scientifique, principalement fondée sur la modélisation, se distingue de la recherche technique. La recherche dans le domaine des sciences et des techniques appliquées à l'art diffère de la recherche conduite par les artistes pour produire des œuvres d'art.

Dans leur utilisation commune d'un modèle, l'attitude du chercheur, qui vise les valeurs de la vérité, de la preuve, de la connaissance, ne se confond pas avec celle du technologue, qui vise une efficacité maximum et recherche un optimum rationnel dans la mise au point des procédés. Elle ne s'assimile pas non plus à celle de l'artiste, qui détourne le modèle de ses finalités théoriques et pose parfois des problèmes inédits à la science ou à la technologie.

On ne peut plus guère soutenir aujourd'hui l'idée d'une relation directe entre l'art et la science. Les transferts de modèles de la science à l'art qui ont été revendiqués dans les années soixante aboutissent à une pratique artistique rudimentaire et peuvent, de par les mythologies qu'ils suscitent, constituer une entrave au développement des rapports Art/Science/Technologie.

Les lois de la consistance artistique ne sont pas celles de la cohérence scientifique. On développe aujourd'hui, par exemple, une modélisation informatique des processus musicaux : ce secteur très avancé de la modélisation montre surtout la résistance des techniques de pensée proprement musicales à la formalisation. Ce secteur met en évidence l'extrême complexité des rapports entre le système des contraintes propres à la pensée musicale et les modalités de leur appréhension indirecte par la logique informatique. Les démarches artistiques font l'objet de multiples approches théoriques, logiques et technologiques sans que l'on puisse pour autant les réduire intégralement à la modélisation. Les formes esthétiques opposent une sorte de résistance indéfinie à l'analyse. C'est dire que l'art, qui recoupe souvent les schémas de la science appliquée, ne s'y réduit nullement. Par contre, on voit se développer une recherche en modélisation qui constitue un secteur neuf, original, de la recherche scientifique. La recherche en modélisation prend l'activité artistique pour objet, cherche à rendre compte rationnellement des procédés de la création artistique sans pour autant se confondre avec les démarches de l'art proprement dit.

En musique, le domaine de la modélisation s'organise en une structure cohérente et complète qui fonctionne déjà sur un modèle quasiment axiomatique. Ainsi, dans l'organisation de la recherche à l'IRCAM, l'analyse/synthèse (traitement du signal), la psychologie cognitive de la musique, la composition assistée par ordinateur, l'acoustique instrumentale et l'acoustique des salles trouvent un terrain d'échanges sur la base de ce que l'on appelle des " représentations ", qui sont des techniques de modélisation diverses et mutuellement convertibles. La modélisation informatique permet de formuler des problématiques communes. Elle permet aussi de traiter en commun des objets qui se situent à l'intersection de deux ou trois disciplines. Elle permet enfin à deux ou trois disciplines de se constituer en une sorte de recherche " en amont " conduisant à poser des problèmes spécifiques à la quatrième qui sera ainsi située " en aval ". Il n'y a aucune préséance logique ou épistémologique entre ces cinq disciplines qui se composent en une sorte de matrice. Celle-ci constitue un grand secteur de ce que l'on appelle la " recherche musicale " qui est une recherche scientifique, non une recherche artistique. Cette distinction, fondamentale en musique, permet de comprendre la nécessité d'une division du travail entre l'artiste et l'assistant musical. Celui-ci propose au compositeur un ensemble de représentations et cherche à les adapter aux besoins du

compositeur, dont il traduit les demandes en des programmes. Il arrive que les jeunes compositeurs, formés à la modélisation informatique, sachent convertir leurs exigences esthétiques en réquisits programmables. Pour leur part, les compositeurs adoptent généralement deux attitudes vis à vis des modèles qui leurs sont proposés : les uns portent la logique d'un modèle à ses conséquences extrêmes, les autres cherchent à subvertir cette logique. Ainsi, les techniques de pensée proprement musicales embrayent-elles sur les méthodes de travail de la science et de la technologie sans prêter pour autant à la confusion entre des exercices qui se stimulent et se fécondent mutuellement.

La création artistique prend appui sur les développements d'une recherche musicale qui, elle, est purement scientifique et technologique. Définir les liens de la recherche dans l'art, la science et la technologie ne revient pas à établir des connexions directes entre ces secteurs d'activité, mais à développer un ensemble de conditions qui obéiront à la recherche fondamentale ainsi qu'au développement technologique tout en servant de support et de levier à l'élaboration esthétique.

Ce qu'on appelle les " représentations " en recherche musicale n'est nullement de l'art. Les modèles de perception, les langages de programmation qui ont pris sur la grammaire et le matériau, créent de nouvelles conditions de création artistique et procurent à l'artiste des programmes et des interfaces qui lui ouvrent un nouvel espace opératoire.

Les deux grandes fonctions traditionnellement reconnues à l'art – technique et langage – se combinent, dans les langages informatiques, en une seule entité. Le développement de l'informatique requiert des langages capables d'assouplir toujours davantage les technologies tout en les combinant entre elles. Préalable à la création artistique, la recherche artistique repose, pour une large part, sur l'élaboration de langages informatiques qui visent à des qualités accrues de souplesse, de convertibilité et de transfert. Ces qualités sont indispensables au fonctionnement la pensée artistique, qui fait constamment intervenir le registre de l'analogie, qui a recours à des représentations dynamiques et qui pratique des " sauts d'échelle ". Aussi la part la plus originale des démarches artistiques ne réside-t-elle pas dans une pure transcription. Il n'est pas rare que la production d'effets esthétiques ou d'objets artistiques insolites résulte de l'interférence de deux échelles de grandeur et de complexité.

1.2.2. De la science à l'art : analogies, transposition, représentation des contraintes

La musique dite " spectrale " qui s'est développée à Paris dans les années 70, à partir notamment des travaux de Jean-Claude Risset et de John Chowning, peut être considérée comme une projection transposant à une échelle macroscopique de processus psychoacoustiques que l'informatique avait permis d'identifier à une échelle microscopique. La musique spectrale et la musique informatique des années 70 n'ont fait que mettre en œuvre des connaissances nouvelles en psychoacoustique : l'oreille musicale, accordée à de grandes longueurs d'ondes (20 mètres) développe une sensibilité qui atteint des échelles subatomiques (on peut percevoir des vibrations sonores dont l'amplitude est inférieure à 1 Angström). La gageure tient au fait que la transposition de modèles infinitésimaux à des échelles macroscopiques ait conservé une validité perceptive.

La musique sur ordinateur et la musique spectrale se sont constituées sur cette nouvelle science que représentait la psychoacoustique dans les années 70. John Chowning a particulièrement insisté dans sa thèse universitaire sur le fait que ce sont des représentations

en trois dimensions qui ont permis de maîtriser le passage de l'échelle infinitésimale à l'échelle macroscopique. Jean-Claude Risset a montré que les contraintes propres au domaine de la perception obligent à concevoir des modèles originaux, irréductibles à la mathématique. Cette combinaison de représentations 3D et de connaissances des paramètres physiques ayant une signification psychoacoustique a permis la naissance d'un art spécifique. Le rapport de l'art et de la science est ici parfaitement défini. L'art opère sur des configurations spatiales qu'il projette à des échelles différentes tout en devant observer des contraintes limitatives imposées par les mécanismes de l'audition.

L'art s'appuie sur des représentations et des techniques opératoires qui proviennent de la science. La recherche musicale se constitue en une science des conditions de possibilités de l'art sans être pour autant de l'art. Elle consiste en une recherche fondamentale, en une recherche " scientifique " qui ne se réduit nullement à une recherche appliquée. Dans une conférence qu'il a prononcée à l'Ircam au début des années 80, Marvin Minsky, l'un des pères de l'intelligence artificielle, a soutenu que cette dernière n'est qu'une représentation des " contraintes ". La recherche musicale consiste précisément à maîtriser des systèmes de contraintes qui sont aussi bien des contraintes matérielles et techniques que des contraintes concernant les représentations mentales et les lois de la pensée. L'idée de contrainte, au sens où l'entend Minsky, a pour intérêt de combiner, en un seul système de conditions, des prescriptions d'ordre technique et d'ordre logique.

L'un des traits remarquables de la musique des années 70 a consisté dans la combinaison des contraintes et des réalités d'échelle. Cette musique propose donc un bon exemple de ce que peut être une relation originale et indirecte de l'art et de la science. Elle fournit également des critères de pertinence ou d'originalité : un processus banal est un processus qui se limite à transcrire une réalité d'échelle dans une autre, une logique dans une autre. Un processus original est toujours à quelque degré un processus de transposition. Le cas des fractales de Mandelbrot procure un exemple de " transposition-transcription " qui n'est ni tout à fait banal ni tout à fait original. En effet, les fractales de Mandelbrot consistent à préserver l'existence de structures pseudo-périodiques, constituant un ordre reconnaissable, sans que l'on puisse pour autant identifier la récurrence des éléments, ce, quelle que soit l'échelle. Il s'agit donc d'une transcription, à des échelles distinctes, d'un programme engendrant des formes qui sont à la fois comparables mais non superposables. Toutefois, le programme de Mandelbrot se borne à reproduire, à des échelles différentes, des processus au fond similaires qui laissent une part d'indétermination au développement qu'ils constituent dans chaque ordre de grandeur. La logique n'est pas de pure transposition. Or ce sont dans les processus de transposition qu'il faut chercher la part la plus originale des rapports de l'art et de la recherche fondamentale. Les relations d'application sont le plus souvent des relations de transcription.

Une recherche dans le domaine des conditions de l'art est une recherche qui ajoute à la représentation des contraintes un espace de jeu qui est celui de la transposition. L'art est à cet égard le domaine d'une fécondité sans rigueur.

Si les démarches scientifiques obéissent aujourd'hui à des types de modélisation mathématique et algorithmique, les démarches artistiques consistent le plus souvent en un gauchissement de ces procédures. Les nouvelles technologies et les nouvelles sciences de la modélisation convergent dans la constitution d'un algorithme. C'est donc une algorithmique qui constitue le dénominateur commun de l'art, de la science et de la technologie, si l'on entend par algorithmique une logique opératoire, une mémoire et un processus de communication entre données. La démarche artistique consiste alors à s'approprier un

processus tout en lui imprimant des facteurs de contradiction ou de variation. Elle opère sur des modèles qui se constituent en amont de la théorie ou sur des domaines d'application qui cherchent à aller au delà du domaine de validité de la théorie. La création consiste, bien souvent, en un infléchissement des démarches scientifiques. Elle consiste également en une transgression du mode de fonctionnement scientifique. Par rapport à la connaissance scientifique, la création artistique se pose dans sa singularité : elle résiste aux typologies, elle s'institue dans le pouvoir de faire éclater les codes ou les cadres représentatifs. La création s'atteste dans la transgression des structures représentatives sur lesquelles elle s'appuie. La création consiste à tirer parti des schèmes de la représentation pour reproduire les rythmes de l'expérience prélogique (Exemple : la chronophotographie des mouvements animaux par Edward Muybridge et Jules- Etienne Marey fait apparaître dans le galop du cheval un type de coordination qui a échappé à l'histoire de la peinture ; la décomposition optique des battements d'ailes montre des combinaisons d'irrégularité et de pseudo-périodicité ; la danse n'est pas intégralement formalisable). Le rythme est ce qui échappe à une stricte détermination de l'identité et de différence : il s'agit toujours d'introduire, dans un pattern, des éléments de variance, de dissemblance, d'altération et de provoquer des écarts par rapport à une régularité présumée.

Dans la critique qu'il adresse à Xenakis ("*le monde de l'art n'est pas le monde du pardon* ", Entretemps, Février 1988), François Nicolas montre que la logique musicale est irréductible à la logique mathématique. Alors que cette dernière obéit au principe de non contradiction, la logique musicale obéit au principe de la négation contraire : tout objet posé doit se composer avec son contraire. Alors que la mathématique prescrit le principe du tiers exclu, la musique pose le principe du tiers obligé : tout terme x doit se composer avec un autre terme qui soit autre que la négation en devenir du premier. Alors que la mathématique prescrit le principe d'identité (x deux fois posé est identique à lui-même) la musique prescrit un principe de différenciation : tout terme deux fois posé n'est plus identique à lui-même. Composer c'est donc poser ensemble trois termes : un terme x premier, sa négation (son autre) ainsi qu'un troisième terme issu du rapport du même et de l'autre. Composer, c'est composer l'altération de cette triade au fil de ses réitérations. Ce type d'argument montre l'impossibilité d'un transfert pur et simple des mathématiques à la musique.

On voit donc se constituer le domaine propre de la recherche artistique : il s'agit d'une recherche sur les conditions scientifiques et technologiques de l'art qui n'est nullement assimilable aux recherches que l'art mène pour s'accomplir comme tel. On peut donc conclure à la spécificité de la recherche artistique, qui relève d'abord de la science et de la technologie et non de l'art.

Par contre, le domaine de la recherche artistique rapporté à la création et à la production des biens de l'industrie culturelle demande à être mieux cerné. Il revient, au premier chef, à l'initiative des artistes et ne saurait être laissé à la discrétion des ingénieurs.

II. L'émancipation de la recherche technologique

Il convient d'insister sur la nécessité d'émanciper la recherche technologique par rapport à la recherche fondamentale. La technologie est l'ensemble des connaissances techniques liées à la science contemporaine et contrôlables par la méthode scientifique.

Une articulation féconde de la recherche et du développement ne sera trouvée que si l'on abolit la hiérarchie des secteurs de compétences qui tend encore à subordonner la recherche technologique à la recherche fondamentale. Le système d'évaluation de la recherche pourrait donc être reconsidéré car il repose encore sur la primauté de la recherche menée en amont.

II.1. Spécificité de la recherche technique

La distinction entre la recherche fondamentale, recherche appliquée et développement ne prend pas en compte le secteur spécifique de la recherche technique.

La véritable distinction [qui doit se substituer à la fausse distinction entre "fondamental" et "appliqué", termes qui ne sont plus très pertinents] est entre la science (la recherche) qui s'intéresse aux objets et aux phénomènes naturels pour mettre en évidence et comprendre les lois de la nature et celle(s) qui s'intéresse(nt) aux objets fabriqués par l'homme. L'homme fabrique des objets, des artefacts ; ces objets et ces artefacts ont des propriétés, des qualités que l'on ne comprend pas toujours. Comprendre le fonctionnement de ces objets est une démarche symétrique de celle qui vise à comprendre les objets et les phénomènes naturels. Elle s'applique aux objets fabriqués et bien sûr à la fabrication elle-même des objets.
(Claude Allègre, Assises nationales de l'innovation, 12 mai 1998)

Par recherche technique, on entend l'application d'un savoir scientifique, l'analyse d'objets techniques, notamment les procédés de fabrication et les méthodes de conception. La recherche technique est l'ensemble des connaissances nécessaires à la mise au point de procédés nouveaux reproductibles et commercialisables. Si l'activité d'inventeur tend à la production de nouvelles connaissances techniques, le travail de mise au point permet de s'assurer de la valeur technique du procédé. La ligne de partage entre invention et mise au point est souvent indécise et arbitraire sauf au regard des inventions brevetables. La recherche portant sur les procédés de fabrication, qui conduit au dépôt des brevets, pourrait devenir systématique, cohérente, autonome et évaluée. Elle pourrait exister autrement que sous le label trop général de " recherche industrielle ".

Il serait également opportun de distinguer la recherche technique de la recherche de développement. Les résultats de la recherche technique ne peuvent être valablement appréciés qu'au regard de leurs possibilités d'intégration mutuelle : selon Bertrand Gille, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes qui suscitent l'évolution des techniques (dynamique des filières) et les contraintes opposées qui résultent de l'invariance de leur organisation (Exemple : les normes, homogénéisation des procédés et possibilité de conversion mutuelle).

La recherche de développement intègre aux choix techniques les éléments d'un calcul économique. Elle pose le problème du financement et celui d'appréciation des risques. La recherche de développement comprend une " technologie de gestion " de la recherche technique. A ce titre la recherche de développement fait partie de l'innovation industrielle tandis que la recherche purement technique présente une relative autonomie.

Les propriétés de l'innovation industrielle ne peuvent être conçues qu'en fonction des propriétés d'organisation de l'industrie. D'où la nécessité d'envisager, dans leur autonomie

relative, les processus historiques d'industrialisation, la constitution d'un cadre micro-économique et macro-économique, l'analyse de la dynamique des systèmes techniques, et le lien qui rattache la recherche technique aux sciences du management.

Le développement du secteur AST ne relève pas de la seule recherche scientifique et technique. Il ne peut dépendre exclusivement de l'intervention de l'Etat en matière de recherche. Il suppose une dynamique de l'économie et une initiative industrielle. Tout au plus peut-on dégager certains traits généraux du développement technologique dont les principes pourraient orienter la mise en place d'une politique industrielle en matière d'AST. Une telle politique pourrait aboutir à l'élaboration d'une " ingénierie des immatériaux ".

(Les innovations les plus saillantes concernent le domaine de l'information, qui ne relève pas d'une "physique" habituelle : elle ne dépend pas d'un support matériel spécifique, et elle peut se dupliquer sans perte, à la différence de l'énergie, qui se prête à un bilan équilibré - d'où la notion d'"immatériaux", proposée par Jean-François Lyotard pour une exposition au Centre Pompidou).

III. L'ingénierie des immatériaux : dynamique des techniques et activités de conception

III.1. L'activité de conception - pour un réseau AST – devrait donner une priorité au transfert de technologies.

III.1.1. Le transfert de technologies comme facteur proprement technique de l'innovation

La notion traditionnelle du transfert des connaissances scientifiques et techniques est à dominante hiérarchique. L'innovation est encore conçue selon un système vertical descendant de la recherche fondamentale à la recherche appliquée pour aboutir au développement. Cette conception linéaire et hiérarchique reflète essentiellement un mécanisme non scientifique d'instruction budgétaire. Elle a tendance à reléguer au second plan le facteur proprement technique de l'innovation, qui repose, pour une grande part, sur le transfert de technologies. Si les transferts de technologie vont de soi dans la dynamique de recherche (cf. les différentes versions d'un logiciel), le phénomène qu'ils constituent ne semble pas pleinement spécifié ni formalisé.

III.1.2. Le transfert de technologies comme ressort heuristique

Si le partage entre recherche et développement ressortit encore à la vieille logique du fondement, la notion de transfert de technologies répondrait davantage au va-et-vient de la logique des structures à la logique des pensées opératoires. Elle atteste la convergence des démarches qui généralisent et celles qui approfondissent les liens structuraux. Le transfert de technologies assure la concordance entre plusieurs opérateurs distincts, notamment :

l'articulation des phases d'une transformation, l'enchaînement ordonné des opérations, l'application d'une loi de composition aux opérations simples qui entrent dans une opération composée, la causalité du tout sur lui-même (récurrence et remontée aux logiciels), l'objectivation (la spécification du domaine des règles). L'activité technique est une synthèse opératoire qui transforme les modèles qui lui sont proposés par d'autres modes d'action et d'organisation.

III.1.3. Le transfert de technologies comme incitation à la recherche de déterminants technologiques communs

Aussi la compréhension de ce qui constitue une efficacité productive est-elle loin d'être épuisée. L'hypothèse d'une rationalité spécifique de la dynamique des techniques est à examiner sur deux points : la nature et la portée du phénomène de convergence des techniques, l'existence de déterminants technologiques communs.

Les déterminants technologiques répondent à trois critères :

- le niveau de couplage des modes opératoires/rerelations sectorielles
- le niveau de composition des techniques distinctes dans un même mode opératoire (synthèse partielle de techniques émanant de domaines très différents)
- le niveau, plus fondamental, des points de passage obligés de plusieurs techniques dans l'élaboration et le perfectionnement d'un procédé.

La combinaison spécifique de procédés d'origines diverses implique l'identité macro-technique et la différenciation micro-technique (par exemple, la maîtrise des températures dans la forge et le soudage).

III.1.4. La dynamique des techniques au point de concours du transfert de technologies et de la rationalité économique

La dynamique des techniques obéit à la rationalité autonome du transfert de technologies. Elle est aussi fondamentalement subordonnée à la rationalité économique. Si les transferts de technologie peuvent certes résulter d'une applicabilité directe de la rationalité économique, ils peuvent également laisser apparaître la pesanteur d'autres critères : effets politiques, effets de prestige ou même " calculs économiques " ne retenant pas le seul critère coût/avantage et pouvant à la limite amener à retenir des solutions qui ne répondent pas à l'optimum technologique (choix du câble coaxial de préférence à la fibre optique dans les années 70).

III.1.5. Pour une épistémologie des techniques

Ainsi énoncée, la généralité de tels principes leur ôte tout intérêt pratique. Néanmoins il y a un intérêt pratique à procéder à l'étude critique des principes, des méthodes et des résultats de l'activité technique considérée dans la généralité de son fonctionnement.

On notera que le rôle de la mémoire technique dans l'évolution technique est capitale et ne fait pas aujourd'hui l'objet d'une conscience théorique ni d'une formalisation explicite. L'évolution s'accélère du fait du report formalisé des résultats aux principes (remontée aux logiciels). Un report non critiqué engendre une stagnation des procédés et une saturation de la filière technique. En revanche, il suscite une évolution là où l'intelligence s'applique : d'où la nécessité de constituer un patrimoine des techniques.

III.1.6. La recherche des points de convergence obligés des techniques et les impératifs de la normalisation

La normalisation, en outre, a joué un rôle considérable dans l'évolution des techniques. Il y aurait un intérêt pratique à faire la généalogie des normes et à analyser les effets structurants et déstructurants des normes techniques.

Les incidences économiques du choix d'une norme ou d'un standard peuvent être considérables. L'établissement de la norme MIDI a provoqué une explosion de l'industrie des modules sonores numériques. Le choix d'une norme peut favoriser tel produit sur tel autre - par exemple tel type de téléviseur. Souvent plusieurs normes sont concurrentes, et le choix de la norme retenue fait souvent l'objet de combats entre groupes industriels, voire nations (c'est le cas actuellement autour de certaines normes de codage sur supports d'enregistrement). Le dossier technique n'est pas le seul qui entre en ligne de compte. Au moment de la sortie des premiers magnétoscopes, la qualité qu'on pouvait obtenir avec le standard Betamax défendu par Sony était bien meilleure que celle donnée par le standard VHS: pourtant ce dernier l'a emporté. A l'époque Sony ne possédait pas de programmes (films) qui lui auraient permis d'imposer commercialement son standard - depuis, Sony a acheté CBS.

La recherche des points de convergence obligés des techniques pourrait être l'occasion d'une meilleure détermination des objectifs et des politiques de maîtrise technique. Il serait également opportun de procéder à un inventaire des procédés technologiques où se rencontrent difficultés d'application, efforts de recherche scientifique, technique, industrielle. Une mise en forme des impasses pourrait conduire à la recherche de solutions alternatives ou de moyens de substitution.

III.1.7. Mémoire technique et pédagogie de transfert

Outre une bibliothèque des techniques, il faudrait dispenser une pédagogie de transfert. Ainsi l'épistémologie des techniques pourrait-elle être intégrée comme facteur innovant dans le procès technique lui-même.

III.1.8. Vers une stratégie de maîtrise des techniques

Ce n'est pas sortir tout à fait du cadre de cette étude que de prendre en considération les choix économiques et les principes qui dictent la politique d'autonomie technologique (coûts de

financement, exigences du marché international, capacités de production des secteurs de pointe, stratégie du capital, division sociale du travail).

Le rapport Guillaume montre à l'évidence certains déficits dans les stratégies de maîtrise des techniques, lacunes aujourd'hui près d'être comblées par un projet d'ingénierie nationale : la fonction de conception s'est totalement dissociée de la fonction de production. L'ingénierie comprend dans sa définition l'identification systématique des problèmes que la production peut soumettre à la recherche. Un réseau AST, centré sur la production, devrait comprendre un secteur autonome de la recherche technologique.

En outre, l'analyse de l'articulation contradictoire entre la dynamique des techniques et la concurrence économique montre le rôle éminent de la recherche technologique dans l'évolution économique des sociétés.

IV. Le rôle de l'Etat : pour la création d'un organisme gouvernemental de l'information technologique

IV.1. L'avance technologique fonction d'une collecte d'informations et d'une capacité diagnostique

Il n'existe pas de système organisé par l'Etat qui soit capable de diffuser l'information relative aux grandes découvertes dans le monde de manière à la fois horizontale et verticale. Il faut pouvoir décrypter les nouvelles technologies. Il n'existe pas aujourd'hui d'organisme à même de collecter l'information, de décrypter ce qui se passe à tout instant dans le monde, d'identifier ce qui est intéressant et de diffuser cette information. Un tel organisme aurait pu permettre d'éviter des erreurs stratégiques concernant le lancement en France des projets fax et radio-téléphone.

Il est nécessaire de se déterminer un an avant les autres pour pouvoir s'assurer une reconnaissance significative par le marché, si l'on considère que l'avance technologique d'un grand groupe est limitée à six mois. Prenons les exemples d'une avance technologique dans le cadre des télécommunications : supposons que le CNET fasse une découverte qui ait un impact sur le design d'un réseau (procédés) ou qui crée une nouvelle génération de commutateurs (remplacement de plusieurs commutateurs par un seul). Une telle avance présente un intérêt pour France Télécom qui peut profiter de cette technologie pour appliquer une économie d'échelle (position dominante pendant un temps), mais qui nécessite un investissement lourd. De la même manière, les fabricants (Alcatel, Nortel) vont très vite s'inspirer de cette technologie pour construire de nouvelles générations de commutateurs. D'où l'importance de la rapidité des décisions fondées sur une véritable compétence diagnostique. Seul l'Etat peut en France avoir cette compétence.

L'Etat ne doit pas se mêler de la mise en production, travail réservé aux industriels, mais recueillir, évaluer et diffuser l'information.

L'un des problèmes principaux de l'entreprise est de réaliser des économies d'échelle. Réaliser une économie d'échelle dans le secteur des réseaux de télécommunication reviendrait à mettre

en place un réseau entièrement numérique qui combinerait tous les avantages des réseaux préexistants, en les raccordant au moyen de passerelles. On optimiserait le réseau Internet en accroissant le débit de transfert de l'information. Cette rapidité de transfert est caractéristique dans les réseaux X25, dont chaque octet transporteur de données est adressé. L'économie d'échelle réalisée se répercuterait sur le prix d'accès au réseau et induirait une baisse entre autres du coût des communications téléphoniques, des connexions à Internet, des systèmes de visio-conférence et de télé-éducation.

IV.2. Modifier le statut de la recherche

La carrière d'un chercheur au CNRS est assurée par ses publications. L'État ne peut disposer de l'information que lorsqu'elle est publiée. Les potentialités d'une invention ne sont pas exploitées car les industries n'ont pas la primeur de l'information et ne sont pas à même d'en tirer parti dans les délais impartis par la concurrence. La structure française de R&D est donc handicapée par trois facteurs connexes : les résultats de la recherche sont destinés à la publication et non à l'entreprise; un tel dispositif allonge à l'excès les délais entre la découverte et son exploitation, ce qui introduit une inertie dans le développement. L'obligation de publicité est contraire aux objectifs de l'entreprise dont l'avance technologique repose sur le secret.

La France octroie un statut médiocre à ses chercheurs qui bénéficient peu des retombées de leurs découvertes, alors que l'Etat s'approprie la majeure partie des revenus issus des brevets. Cette situation n'incite guère les chercheurs à se rapprocher de l'industrie. Le monde de la recherche apparaît aux yeux des industriels à la fois comme puissant et replié sur lui-même. Se pose donc le problème de l'incitation à la recherche qui, en France, est plutôt sanctionnée par la publication que par la reconnaissance d'une découverte effective. Le chercheur est reconnu quand ce qu'il découvre passe dans le domaine public, non lors de la mise en application. A certains moments, la recommandation de grands organismes scientifiques était de publier et de laisser les industriels prendre des brevets.

Il faut mentionner que la législation française empêche de prendre un brevet sur un procédé à partir du moment où il est publié. Or la prise d'un brevet est une opération lourde et problématique. Aux Etats-Unis, au contraire, l'auteur d'une invention dispose d'une année à partir de la publication pour déposer une demande de brevet: la publication lui permet de prendre date, de protéger et de signer son innovation, et il a le loisir d'évaluer si une prise de brevet est souhaitable compte tenu de l'investissement qu'elle représente. Il semble donc que la législation française (et européenne) pénalise les chercheurs de ce point de vue: ce problème devrait être étudié.

" Interval Research " (Californie, financé par Paul Allen), qui représente aujourd'hui un des groupes de recherche mondiaux les plus en vue, a pris en compte ces considérations et les a inscrites dans sa structure. Il s'agit d'un groupe privé, financé principalement par Paul Allen, fondateur de Microsoft et qui dispose d'une fortune personnelle: ainsi le groupe n'a pas à répondre de son activité devant des actionnaires. Ce groupe privilégie la recherche fondamentale, à long terme, sans se fixer initialement des objectifs de recherche appliquée. La recherche s'effectue dans le secret et n'a aucune obligation de divulguer ses résultats. Cette recherche fait appel à des artistes d'avant-garde, à des artistes pop, à des ingénieurs, à des sociologues, à des économistes et des chercheurs à temps partiel. On ne développe

l'innovation que lorsqu'elle est mûre, sans subordonner la recherche à une quelconque orientation par l'aval. Lorsqu'une innovation est parvenue à maturité, "Interval Research " crée une société de type " start up " ou " spin off ". (On relèvera qu'à l'origine, Intel, Microsoft, Apple avaient une structure de start up). Mais il faut noter une particularité troublante: les personnes qui travaillent chez Interval ont une consigne absolue de secret vis-à-vis de l'extérieur: ils ne peuvent même pas mentionner le thème de leur travail, ceci pour éviter les fuites et le pillage - ou l'utilisation extérieure, même non frauduleuse - des innovations proposées.

Une telle consigne de secret est problématique - surtout pour des chercheurs qui sont tenus de publier : mais elle tire la leçon de l'expérience de Xerox PARC (Palo Alto Research Center). Dans les années 70, Xerox a financé des recherches qui ont abouti à des résultats remarquables, notamment la mise au point de la souris et des fenêtres informatiques (avec la participation décisive d'Allan Kay). Mais la compagnie n'a pas exploité ces possibilités nouvelles, qui étaient publiées et présentées aux visiteurs. Steve Jobs a compris le potentiel de ces innovations et il les a mises en œuvre plus tard de façon remarquable dans son Macintosh, le premier ordinateur personnel convivial.

Le transfert de ce modèle en France supposerait que l'effort de la recherche tende davantage à son exploitation par l'entreprise et non seulement à une course à la publication, que l'articulation de la recherche et du développement soit conçue autrement que sur la base des archaïsmes de la valorisation, que l'Etat crée un organisme dont l'autorité soit reconnue et qui soit apte à communiquer l'information utile aux entreprises.

L'incitation à la découverte devrait avoir pour contre-partie un droit relatif à l'échec, car les innovations dans les entreprises se traduisent parfois par des échecs qui ne sont pas définitifs. Apple a fait exploser le domaine des ordinateurs personnels avec Apple II, qui fut une réussite, puis a poursuivi par Elisa (concept de fenêtres et de souris issu des recherches de Xerox PARC), qui fut un échec en raison d'une mise sur le marché mal conçue. L'erreur ne doit pas être fatale. Elisa, dont le projet était conçu pour rivaliser avec les gros ordinateurs, fut relayée par Macintosh, dont la conception d'un ordinateur personnel convivial eut des débouchés mondiaux. Certains échecs peuvent ainsi être corrigés et conduire à des réussites. En France, les échecs sont lourdement pénalisés par l'Etat et sont sanctionnés par une baisse des subventions.

Les administrations de valorisation sont parfois efficaces, parfois inadaptées. Les services de valorisation d'un grand organisme de recherche posent des conditions d'accès aux inventions qui sont souvent trop contraignantes pour les industriels. Les royalties demandées aux industriels sont parfois dissuasives.

Si les grandes inventions (par exemple la biologie moléculaire) sont en général bien brevetées, les petites innovations sont par contre négligées, car on leur applique des critères trop massifs alors qu'elles exigent une gestion plus légère qui doit permettre une avancée rapide. On peut estimer qu'en France la politique de valorisation sur les petites échelles n'est pas satisfaisante. Les administrations françaises appliquent des règles générales qui ne sont pas adaptées à la réalité micro-économique et micro-technique du tissu industriel.

Dans le domaine du multimédia, il serait intéressant de faire collaborer les concepteurs avec les chercheurs, les universitaires et les artistes, dont les études sur les concepts tels que celui de l'interactivité sont plus avancées. L'interactivité concerne non seulement le support de

nature hypermédia, mais aussi le contenu, phénomène dont les industriels n'ont pas tous pris conscience. La prise en compte de cette double interactivité au niveau de la conception est nécessaire à la mise en place d'applications réellement interactives, dont on peut espérer qu'elles concernent un très large public. Une telle réflexion sur les contenus au sein du groupe France Télécom devrait l'aider à déterminer ceux parmi les dix projets multimédia actuellement en cours qui réussiraient dans les deux années à venir. Les industriels abordent le marché du multimédia sous l'angle des coûts et des parts de marché et ont tendance à négliger la conceptualisation du contenu.

De ce point de vue, il conviendrait d'engager une réflexion de fond sur l'interactivité et sur l'émergence des nouvelles technologies qui aboutisse à la mise en place d'une structure de coordination entre décideurs et organismes de traitement de l'information, structure qui fait actuellement défaut. En effet, la définition des programmes et des projets ne suffit pas à écarter les risques d'une réalisation devenue invendable car mal conçue.

Si l'Etat n'a pas à peser sur les décisions des industriels, il peut, par contre, faciliter celles-ci en créant des mécanismes qui permettent de collecter, de cribler, d'évaluer, d'interpréter et de diffuser l'information. Cette diffusion et cette interprétation de l'information permettraient d'élaborer une logique industrielle liée à une technologie et à un procédé.

On ne peut pas imputer un déficit de conception à toutes les industries. Dans le cas de l'industrie pétrolière, Schlumberger dispose d'une avance technologique de trois ou quatre ans que lui procure son centre de R&D de Palo Alto. Les erreurs de Schlumberger n'ont pas tenu à une conception défailante, mais à une dispersion de ses choix industriels sur des activités qui ne reposaient pas sur les nouvelles technologies. Le cas du secteur des télécommunications est différent : Innovacom pratique une " veille technologique " incontestable, mais ses liens avec les pouvoirs publics, l'Université et le CNRS sont peu apparents. France Télécom n'a pas prévu le développement d'Internet. Par contre la France a dépensé 10 millions de dollars pour vendre le minitel aux Etats-Unis. L'Etat pourrait se dispenser d'intervenir dans les stades de fabrication, de mise en œuvre ou de contrôle.

IV.3. L'avance technologique, les programmes industriels et le marché

L'industrie informatique à ses débuts s'est concentrée sur la réalisation de tâches simples – stockage, filtrage, restitution de l'information. Elle s'oriente aujourd'hui vers des débouchés nouveaux, le multimédia et les télécommunications. Il y a dès maintenant des créneaux prometteurs, comme celui de la photo numérique, qui correspond à un énorme marché. Le ressort de l'innovation consiste à mettre sur le marché de nouveaux produits qui puissent répondre par avance à des besoins qui n'ont pas encore apparu sur le marché. Une industrie qui serait capable d'intégrer, entre autres, les nouvelles applications MicroSoft, les nouvelles puces Intel, les nouveaux microprocesseurs, les nouvelles définitions graphiques et sonores, les nouvelles interfaces, les besoins des consommateurs citadins dans 10 ans, s'assurerait une avance technologique et commerciale incontestable et la maîtrise du marché à venir. La conception d'un nouvel ordinateur susceptible d'intégrer ces données répondrait à la définition d'un support interactif pleinement effectif. La construction, il y a 30 ans, d'un ordinateur par IBM, répondait à un dessein technologique et à des études de marché très précises. Aujourd'hui, l'innovation technologique doit prendre en compte non seulement la

nouveauté technique et les études de marché, mais de plus elle doit inclure dans son programme industriel une prévision des besoins à long terme du consommateur.

C'est dans ces conditions que l'avance technologique peut représenter un immense avantage pour l'entreprise, qui peut préserver cet avantage en évitant les erreurs de gestion. Par exemple, une communication téléphonique par l'intermédiaire de l'ordinateur peut coûter moins cher que le recours à la ligne téléphonique usuelle lorsque l'ordinateur est relié à des réseaux plus rapides que le RTC (Réseau téléphonique Commuté) tels que Numéris, des liaisons spécialisées (LS), le câble ou le satellite...

Si l'innovation technologique doit intégrer une prévision commerciale dans sa définition, inversement, l'innovation technologique peut être moteur de l'expansion commerciale dans le cas notamment des systèmes d'information, des systèmes de paiement et de la sécurisation des données. Bell Computer connaît une croissance de 20% par an en vendant la moitié de ses ordinateurs sur Internet, et l'autre par fax. On peut en donner un exemple du rôle commercial des nouvelles technologies dans un domaine artistique qui ne fait pas appel à des technologies récentes pour les procédés de fabrication: la compagnie française Opiocolor a pu s'ouvrir de nouveaux marchés en présentant grâce à Internet divers produits d'artisanat céramique sous forme virtuelle à des clients asiatiques, qui pouvaient ainsi choisir le modèle qu'ils souhaitaient non pas sur pièces, mais sur simulation.

Les erreurs stratégiques peuvent s'éviter par une meilleure appréciation de la réalité du marché et par une meilleure prise en compte des besoins à venir des consommateurs. La négligence de ces facteurs a conduit à une opération de prestige non rentable comme Concorde, ou à la réalisation sans exploitation commerciale appropriée de la Caravelle. Les choix politiques qui ont pesé dans la décision industrielle, les raisons de prestige conjuguées à une réticence à s'allier à l'étranger, ont pu conduire à des erreurs stratégiques. Ces erreurs sont dues à des failles de raisonnement concernant la réalité du marché, l'appréciation des coûts et des besoins, et l'évaluation de la demande. Elles résultent également d'une négligence dans la prise en compte des rapports entre la technologie, le marché et les applications. Devant répondre à des impératifs de rentabilité, l'entreprise est partagée entre les nécessités de la rentabilité et celles de l'investissement indispensable à cette rentabilité. Elle pondère et oriente ses recherches en explorant les possibles applications de cette recherche et leur adéquation au marché. La matrice BCG (Boston Consulting Group) explore tous les cas de figure du couple rentabilité/investissement. L'innovation technologique illustre un cas de figure " dilemme " selon la matrice BCG, et requiert de ce fait une détermination plus fine des relations entre les paramètres de conception que celle que peut effectuer une simple analyse marketing.

L'une des clés de l'innovation technologique réside dans l'ajustement étroit des critères de la technologie et du marketing. A cet égard, il conviendrait de mettre en rapport, dès le stade de la conception, les normes de la technologie et les impératifs d'adéquation au marché. Les plus grandes erreurs stratégiques sont en fin de compte imputables à des déficits de conception. Il conviendrait de radicaliser et de généraliser les activités de conception. La production doit intégrer l'activité réflexive et aboutir à une coordination planifiée. La céramique, par exemple, est un matériau de plus en plus utilisé dans les éléments mécaniques. Les moteurs efficaces ne chauffent plus. Toutefois, la pure insertion technologique de la céramique dans la mécanique ne suffit pas à produire une nouvelle voiture qui, dans sa conception, requiert une étude des besoins fondamentaux du transport ainsi qu'une sociologie de la voiture. Une analyse sociologique de la voiture doit permettre de mesurer l'adéquation d'une invention à la réalité

d'un besoin. La production de l'espace Renault a été retardée de dix ans faute d'une évaluation rationnelle des besoins des consommateurs.

Les problèmes de l'innovation technologique ne se situent pas au niveau d'une société mais au niveau de la planète. La construction et le développement du tissu industriel dépendent d'une compétitivité à un niveau planétaire. La conservation de l'avantage concurrentiel dépend de l'innovation technologique. Cette innovation ne concerne pas seulement la grande industrie mais concerne également les petits métiers qu'il faut inciter à se perfectionner et se moderniser. Pour créer de la valeur ajoutée, il faut conserver l'initiative et donc la maîtrise de la conception. Or des secteurs entiers de l'industrie française dépendent du capital étranger, qui détient la maîtrise des technologies de conception et restreint l'industrie française à des tâches d'exécution, d'application et de distribution. Ainsi de l'imprimerie, et en particulier de l'encre. Dans les années 70, les constructeurs européens dominaient le marché de la moto. Aujourd'hui, la moto est japonaise. L'innovation technologique a consisté dans la fabrication d'une moto propre, sans projection d'huile. Honda s'est emparé du marché en France, des petits modèles aux plus gros. Il conviendrait de s'interroger sur les raisons du retard que la France a pris dans ce domaine alors qu'elle disposait d'une avance il y a 30 ans.

IV.4. Inerties, résistances et alibis

Les USA ont une avance dans le domaine de la conception du logiciel. La Silicon Valley recrute les chercheurs de très haut niveau en les rémunérant et en leur offrant des moyens de recherche sans structure établie. On leur offre également les moyens de mettre leurs découvertes en application au sein d'une structure d'entreprise souple qui les intéresse au développement de leurs découvertes. Il en va de même dans la zone appelée route des nouvelles technologies près de Boston, où 4000 entreprises ont été créées depuis trois ans, et au Canada, où les jeunes créateurs d'entreprise se voient actuellement offrir des conditions très favorables, avec des garanties en cas d'échec qui les incitent à prendre des risques. Le système d'évaluation trop sectorisé, le système de recrutement, l'absence de débouchés, le blocage des carrières, le prélèvement de l'Etat sur le produit de la découverte, le dirigisme, les pesanteurs bureaucratiques, la gestion administrative, les dysfonctionnements et la médiocrité du système de valorisation de la recherche, l'incitation à la publication et non à la découverte, les faibles rémunérations et le manque de coordination entre la recherche et l'industrie constituent en France autant de freins à l'innovation technologique.

Eléments additionnels

Jean-Claude Risset

On notera que ces conclusions recourent les recommandations d'Henri Guillaume dans son rapport de mission de mars 1998 sur la technologie et l'innovation:

- Le rapport Guillaume trouve insuffisante la part des recherches pluridisciplinaires. La sectorisation excessive, fondée sur les disciplines scientifiques constituées, est inappropriée pour la recherche technologique. Les instances d'évaluation, trop sectorisées, tendent à renforcer une hyperspécialisation dommageable. Cela est particulièrement sensible pour les recherches AST, souvent examinées sous un angle très étroit. Ainsi l'informatique relève au Comité National du CNRS de la section 7, l'acoustique de la section 9, toutes deux du SPI (Sciences Pour l'Ingénieur), et les aspects artistiques relèvent de la direction SHS (Sciences de l'Homme et de la Société), certaines recherches sur la perception importantes pour les arts relevant de la direction SDV

(Sciences de la Vie): or il est inhabituel et extrêmement mal commode de faire évaluer ses travaux par plusieurs sections - et cela favorise rarement le chercheur.

- La tendance actuelle dans les Universités et les établissements publics de recherche est de favoriser les grandes unités. Or la dimension est au détriment de la souplesse et de la réactivité. Les innovations vraiment significatives surgissent très souvent dans les très petits groupes - voire chez les individus. Les aspects pointus sont dilués dans les grandes équipes, les spécificités marginalisées, les délais de réaction allongés, la visibilité diminuée. Cf. par exemple <http://alphalma.cnrs-mrs.fr/>, le site web du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, un grand laboratoire propre du CNRS dans lequel le signataire du présent rapport dirige une équipe d'informatique musicale. La présentation générale des activités du Laboratoire les classe suivant quatre axes: 1) Mécanique, modélisation et comportement, 2) Acoustique, vibrations et contrôle, 3) Propagation, 4) Genèse et perception des sons. Un paragraphe décrit les activités suivant chaque axe; voici celui consacré au dernier axe, dans lequel est classée la recherche musicale: "*L'axe "Genèse et perception des sons" recouvre d'une part des études de psycho-acoustique fondamentale et d'autre part des travaux sur l'interaction homme-machine dans le domaine instrumental. Les premières visent à préciser les caractéristiques de la fonction auditive qui reste in fine juge de la qualité d'un son, de la nuisance d'un bruit, du confort apporté par un dispositif anti-bruit. Les seconds s'appuient sur la modélisation des signaux complexes que sont les sons musicaux à l'aide des méthodes les plus récentes d'analyse-synthèse de signaux.*" On peut constater que l'existence d'une recherche liée à la création musicale n'apparaît pas de façon saillante. A lire le texte, on pourrait croire que les sons musicaux soient bénéficiaires des développements du traitement du signal, alors que les études d'informatique musicale ont contribué de façon significative à ces développements et les ont introduits dans le laboratoire. La même remarque vaut pour l'ACROE, dont les activités et caractéristiques spécifiques ont été rendues peu lisibles dans des Laboratoires d'accueil comme le groupe Communication parlée de l'ENSERG (Ecole Nationale Supérieure d'Électronique et de Radioélectricité de Grenoble), le LIFIA (Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle) puis le CLIPS (Communication Langagière et Interaction Personne-Système), ces deux derniers laboratoires associés étant partie de la Fédération IMAG.

- Le rapport Guillaume déplore les cloisonnements entre enseignement supérieur et grands organismes de recherche; entre grands organismes de recherche eux-même; entre universités et écoles d'ingénieurs. On notera que certaines écoles d'ingénieurs bénéficient d'un préjugé d'excellence qui n'est pas forcément justifié par l'originalité, l'ouverture ou la pertinence des recherches qu'elles soutiennent. Ces critiques sont particulièrement pertinentes dans le domaine AST. On a souvent l'impression que différentes institutions choisissent - d'une façon partiellement arbitraire - des règles administratives qui fonctionnent ensuite comme des marquages de territoire: faire fonctionner ensemble ces institutions dans le véritable maquis procédural ainsi instauré demande des efforts considérables. Tout effort de collaboration devient démesuré. Faire intervenir les aspects artistiques en plus se heurte à une résistance culturelle qui va du scepticisme au rejet.

- Le rapport Guillaume juge qu'il n'existe pas assez d'UMR avec l'industrie - une seule en SPI. De même il n'existe pas assez d'UMR associant le CNRS et le Ministère de la Culture - une seule en SPI, alors que dans plusieurs équipes se déploient des activités touchant de près la création artistique. Il faut que ces unités mixtes soient réellement pluridisciplinaires et qu'elles ne plient pas les préoccupations artistiques à une logique de pure ingénierie. Le rapport Guillaume recommande d'augmenter les activités menées dans des groupements de type GIP.

- Le rapport Guillaume fait remarquer que les financements concernent surtout de grands groupes, et qu'ils ne couvrent pas suffisamment de thèmes. Il est certain que dans le passé certains grands groupes français ont abusé de leur position dominante et ont fait preuve de rigidité, de désintérêt et de lenteur de réaction vis-à-vis de problématiques nouvelles et porteuses (par exemple au moment du développement informatique dans les écoles dans la première moitié des années 80 - tel grand groupe a traité avec arrogance certains projets d'informatique sonore qui étaient à l'époque nouveaux et prometteurs). Aux Etats-Unis, l'innovation la plus porteuse apparaît dans des entreprises qui sont au départ de très petit volume.

- Le rapport Guillaume insiste sur le fait qu'il faut faciliter le rapprochement des chercheurs et du milieu industriel. Il faut que les chercheurs ou enseignant-chercheurs puissent créer leur compagnie, qu'ils puissent pratiquer la consultance et plus généralement participer à l'activité d'une entreprise dans le cadre de leur statut. Ces recommandations sont particulièrement pertinentes dans le cadre AST. Dans la Silicon Valley, les relations entre enseignants-chercheurs - notamment de l'Université Stanford - et entreprises sont extrêmement fortes. Il en va de même au M.I.T., particulièrement au Media Laboratory.

- Le rapport Guillaume insiste aussi sur le rôle du capital risque. Comme il est indiqué par ailleurs, les conditions extrêmement favorables consenties actuellement aux jeunes chercheurs et créateurs d'entreprise suscitent une préoccupante "fuite de cerveaux" vers les Etats-Unis et le Canada dans le domaine de la recherche musicale (récemment Jean Laroche et Jean-Marc Jot à EMU-Creative, Santa Cruz, et Marc-Pierre Verge, Pascal Derogis au Québec).

A ces facteurs généraux s'ajoute, dans le domaine de l'art, le mépris dans lequel la production artistique et la recherche artistique sont institutionnellement tenues. Ce mépris est entretenu par l'inculture. Les efforts de l'Education Nationale et des organismes publics de recherche (CNRS, INRIA) en ce domaine sont trop sporadiques pour être significatifs. Le développement insignifiant de la recherche artistique résulte pour une part des carences de l'enseignement primaire et secondaire, mais aussi d'une politique délibérée de l'Etat qui a négligé et discrédité la recherche artistique et plus généralement le domaine de la production savante en matière artistique. La survalorisation des pratiques amateurs et de la musique de rue ne prépare pas nécessairement le grand public à la compréhension de l'innovation esthétique ni à la maîtrise des outils artistiques qui restent l'objectif unique et légitime des politiques publiques visant à la démocratisation culturelle. Les fêtes organisées ne sauraient servir de substitut ni d'alibi à une carence générale de formation en matière d'art. L'actuelle politique du spectacle vivant et du patrimoine rend peu visible la recherche musicale dans les organigrammes du Ministère de la Culture. Inversement, la recherche musicale a trop servi de justification à une politique indigente de la création - chaque domaine attendant de l'autre la solution de ses problèmes. La confusion des genres n'a pas contribué au développement respectif de la recherche et de la création, mais à leur entrave mutuelle dans la justification de progressives restrictions budgétaires. Pour organiser rationnellement le domaine AST, il faudrait commencer par reconnaître à la recherche artistique le statut d'une recherche autonome, spécifique, de type scientifique, ne se confondant pas avec la création artistique proprement dite. Il faudrait également réexaminer les mythes scientistes qu'a produits une recherche artistique parfois tentée de se substituer à l'art. Le soutien de l'Etat à la création artistique et à la recherche artistique ne saurait nourrir les confusions entre les domaines ni s'autoriser de ces confusions pour légitimer les réductions de l'aide publique au motif qu'il s'agit d'une enveloppe commune.

Remarques supplémentaires sur la non-reconnaissance des arts dans le milieu universitaire Jean-Claude Risset

La France bénéficie d'une tradition déjà ancienne et d'une recherche musicale forte, avec le rôle de prophète d'Edgard Varèse, l'activité de pionnier de Pierre Schaeffer, la dévolution par Pierre Boulez des moyens importants d'une institution musicale à la recherche, la défense de la recherche musicale au Ministère de la Culture par Maurice Fleuret et Michel Decoust, l'activité de pionniers comme Barbaud, Xenakis... Il y a eu aussi en France des activités novatrices importantes en synthèse d'image, en réalités virtuelles, en animation, en architecture.

Mais la reconnaissance dans le milieu universitaire se fait mal, et les secteurs nouveaux art-science-technologie ne trouvent pas leur place à l'Université ou au CNRS. Les applications artistiques n'apparaissent pas comme sérieuses ou légitimes ; d'autres applications sont bien mieux admises alors que leur impact économique potentiel est bien moindre - sans parler de l'aspect culturel.

Sans doute l'attitude des créateurs romantiques, disqualifiant la science en tournant le dos à l'attitude qui prévalait en Grèce antique et au Moyen Age, y est-elle pour beaucoup. Cependant le facteur décisif en France est sans doute le fait que les enseignements artistiques ont été pris en compte, en France à l'époque de la révolution, par des Ecoles d'art et des Conservatoires indépendants des Universités, et que les arts n'ont pas été reconnus

comme disciplines universitaires. Au Lycée, l'enseignement d'histoire des arts est souvent assuré par des professeurs de lettres ou d'histoire. Certains pensent que cent heures de formation suffisent pour habilitier les instituteurs à assurer un enseignement de musique. (La formation de musiciens intervenant vise à remédier à ce problème).

Quoi qu'il en soit, la pratique artistique n'est pas chez elle dans l'Université française - à la différence notamment de l'Angleterre et des Etats-Unis. Les normes universitaires ne sont pas généreuses - et surtout elles sont trop normatives pour pouvoir tenir compte de la spécificité de certaines activités comme les activités artistiques. Le signataire de ce rapport, invité à enseigner dans une Université californienne au printemps 1998, s'est vu attribuer un bureau insonorisé avec un piano à queue et un système haute fidélité. On n'ose pas rêver d'un équipement semblable en France: les départements de musique des Universités sont misérables. Il est extrêmement difficile d'utiliser les budgets de convivialité pour organiser des prestations artistiques lors de colloques - même si les thèmes de ces colloques concernent l'art.

Les applications d'une recherche paraissent en France peu sérieuses dès qu'elles se réfèrent à l'art. Du seul point de vue économique, il y a là une erreur de jugement grave. Même si on ne va pas vers "la fin du travail", il apparaît certain que les loisirs joueront un rôle croissant dans l'emploi du temps et le budget des individus et des ménages - actuellement c'est la musique qui est en tête du budget des loisirs. Au début des années 1970, l'Etat français a consacré un financement important aux recherches sur la parole (synthèse, reconnaissance) en insistant sur leurs potentialités industrielles. A part le cas d'espèce de l'IRCAM, il était à cette époque très difficile d'obtenir un financement pour des recherches visant des applications musicales: or le marché potentiel des dispositifs techniques est considérablement plus importants pour la musique que pour la parole, comme les développements ultérieurs l'ont démontré. La France a alors pris un retard considérable vis-à-vis des Etats-Unis (où des recherches musicales étaient financées de façon substantielle par les Universités, la National Science Foundation, et aussi diverses fondations privées comme la Systems Development Foundation) et surtout du Japon (qui exploitait activement les recherches étrangères et menait des recherches actives dans les entreprises).

Parmi les nombreuses équipes reconnues au CNRS en synthèse d'images, très peu (deux ou trois) ont des liens avec les écoles d'art. Dans les négociations actuelles de contractualisation, les Universités prennent la main. Même dans les cas où le Ministère de la Culture est le véritable promoteur, il n'est pas officiellement consulté. Au moment de la rédaction de ce rapport, le Département SPI du CNRS n'est pas disposé à considérer la création de nouvelles unités mixtes avec le Ministère de la Culture, considérant qu'une seule Unité mixte (le Laboratoire d'Acoustique Musicale de l'Université Paris VI/CNRS/Ministère de la Culture) suffit. Certes, de telles équipes ne comprennent pas d'agents CNRS - mais un tel argument ne tient pas si l'on veut que le CNRS s'ouvre aux nouvelles thématiques de recherche: le CNRS devrait au contraire fléchir des postes pour les thématiques AST et les équipes appropriées.

En fait les innovations apportées par la recherche artistique - notamment la recherche musicale - ont été maintes fois exploitées par d'autres disciplines: mais trop souvent l'origine de ces innovations est oubliée, voire occultée - l'activité AST est récupérée sans être créditée. Les acteurs d'AST, spécialement dans le domaine SPI, peuvent souvent trouver des contrats susceptibles d'apporter des moyens non négligeables: mais de tels contrats hypothèquent les ressources de recherche, et ils tendent à infléchir les travaux vers des applications ne concernant pas les industries culturelles (par exemple l'industrie automobile, la marine ou l'aviation). Les collaborations avec des domaines scientifiques reconnus se font souvent au détriment de l'activité AST: les différences sont réelles du point de vue des fins et des moyens. Dans certaines disciplines constituées, la structuration et le financement de la recherche sont assurés: il n'en va pas de même pour les chercheurs AST, et leurs préoccupations artistiques restent marginales - regardées comme un simple "supplément d'âme" que l'on se dispense aisément de financer, de soutenir et de développer.

Le Ministère de la Culture tente d'aider le développement de ces secteurs, mais sans moyens suffisants, et sans statuts adéquats pour les acteurs. Un prix de Conservatoire National Supérieur de Musique est reconnu comme équivalent bac plus 3 ou 4, ce qui n'est absolument pas convenable. Les instances d'évaluation ont du mal à apprécier des activités par essence pluridisciplinaires.

Du fait du partage des compétences et des tutelles, l'intersection ne se fait jamais. Le partage entre les Ministères sous la forme actuelle ne permet pas d'identifier et de prendre en compte les nouveaux secteurs de compétence, ni de les organiser en une communauté structurée. Entre les organismes, il y a actuellement des cloisons étanches en ce qui concerne les idées et les concepts; les reconnaissances de diplômes; les règles administratives. Cela pose notamment problème au niveau de l'évaluation. Un chercheur ne devrait pas avoir à travestir son activité

pour la présenter différemment à la Culture et à la Recherche. L'évaluation doit être exigeante sur le niveau, mais tenir compte pour la trop quantité du travail de la spécificité d'une recherche unique et plurielle (sans attribuer un poids excessif au critère quantitatif du nombre de publications dans des revues dites à comité de lecture: il existe très peu de telles revues dans les domaines émergents comme Art-Science-Technologie).

Les milieux artistiques ont quant à eux une vision plus claire des objectifs et de la validité de la création artistique. C'est du Ministère de la Culture que viennent les incitations et les développements artistiques. L'intervention de ce Ministère est donc décisive pour les recherches AST: soucieux de maintenir un cap et une exigence, il peut influencer des études scientifiques et techniques en s'assurant que les arts n'y sont pas que prétexte.

Il faut donc définir une recherche artistique dans un cadre véritablement interministériel - établir des relais dans les universités, les grands établissements et dans le monde industriel avec la participation des instances de la culture, représentées à un niveau suffisant pour qu'elles puissent véritablement avoir une influence.

Outre les développements futurs souhaitables, il importe actuellement d'aider à faire survivre et fonctionner les groupes et les enseignements existants et hors-norme, dans lesquels les acteurs s'épuisent à assurer des fonctionnements à contre courant (Cf. ci-dessus, problèmes spécifiques et propositions d'organisation).

Remarques supplémentaires sur la non-reconnaissance des arts dans le milieu universitaire *Patrick Callet*

Les résistances au développement du domaine AST viennent aussi de l'intérieur des structures d'enseignement. Dans son immense majorité le corps enseignant, qui se perpétue lui-même, n'est pas très accueillant pour les personnes ayant des parcours non-académiques. Les artistes comme toute personne ayant une expérience du travail dans l'industrie ne sont que très rarement admis comme ayant un cursus compatible ou sujet à équivalence de diplôme permettant leur intégration dans le corps enseignant. De toute évidence il est plus aisé de n'avoir jamais quitté le système scolaire pour pouvoir, très officiellement, y former tous ceux qui en sortiront pour l'industrie. Cette auto-évaluation et auto-reconnaissance de la valeur d'un enseignant comme étalon de savoir acquis et seul savoir valable (le plus souvent livresque) à transmettre contribue à la fermeture du système éducatif à tous ceux dont l'expérience est autre, même s'ils jouissent d'une notoriété et d'une grande reconnaissance nationale ou internationale.

Tout projet à dominante pluridisciplinaire (au sens large, faisant connexion entre science dure et science douce par exemple) se trouve soumis au regard critique et au système d'évaluation de commissions n'ayant pas la compétence pour cette évaluation. Des commissions régionales mixtes culture-éducation, pourraient alors constituer des pôles d'évaluation des projets. Les résistances se manifestent, outre par les « tolérances » à la chose artistique hébergée en milieu scientifique ou technologique, par des réaffectations de crédits pour certains DEA vers d'autres DEA plus conventionnels, plus académiques. Les chercheurs, enseignants et étudiants qui s'y investissent se retrouvent alors marginalisés avant même la phase terminale du processus que constitue leur élimination du système qui les a « supporté ». Ce manque de moyen contribue à discréditer ces formations aux yeux des étudiants. Ils participent ainsi eux-mêmes à la dévalorisation de leur propre pratique et de leurs acquis par la crainte de s'engager pleinement, dans un enseignement qui devient périphérique, optionnel et qui conduit dans de nombreux cas à l'absence même de la mention d'activité artistique dans leur CV (une UV « qui ne fait pas sérieux » dévalorise le candidat).

Dans certaines grandes écoles, l'arrivée imminente des sciences humaines dans la formation des ingénieurs est annoncée depuis 20 ans ; les hybridations de domaines ne sont que textuelles, très loin des moyens humains et des pratiques réelles.

Le manque de pleine reconnaissance académique des DEA et DESS à dominante artistique inquiète les professionnels des entreprises des secteurs culturels qui doutent des compétences technologiques acquises par les candidats ; de plus, ils demeurent inquiet quant aux débouchés qui leur sont offerts. Cela est renforcé par le fait que les professionnels n'ont pas voix au chapitre dans les programmes

d'enseignement ni dans la définition des orientations de recherche. Le plus souvent ils se sentent (et ils n'ont pas tort !) utilisés comme source de moyens financiers ou matériels (taxe d'apprentissage, équipements, etc.) et comme opportunité de fournir des stages. Les industries de la culture ont besoin de personnels de grande créativité maîtrisant les outils technologiques contemporains et ne trouvent pas les formations rapidement adaptées à leurs divers secteurs professionnels.

Il ne semble pas qu'il y ait de vrai partenariat avec les industries du secteur culturel ; mais parler de mécénat technologique serait également excessif. Cette situation du rôle institutionnel où des « fournisseurs d'emplois » participeraient aux décisions et orientations séduit une partie du corps enseignant alors qu'elle semble simultanément décharger l'État et ses institutions de leurs rôles traditionnels.

V. L'interactivité et son évolution technologique

V.1. La recherche dans le multimédia :

Il est important de souligner qu'une meilleure compréhension de l'interactivité et de son évolution technologique par les concepteurs multimédias éviterait les bouillons financiers récurrents dans ce domaine.

L'interactivité en multimédia se rapporte à l'accès interactif aux données ainsi qu'à l'interactivité entre personnes.

L'accès interactif aux données indique la possibilité pour l'utilisateur de choisir l'ordre dans lequel il va accéder à l'information, sans devoir parcourir linéairement le document (ou l'application) qu'il examine. Cette interactivité est liée à la nature même du support. Le support est destiné à être lu linéairement, ou se compose d'outils permettant de "zapper " d'une information à une autre dans le cas d'un environnement multimédia.

L'interactivité entre personnes définit un mode conversationnel qui lie l'utilisateur du programme au concepteur ou rattache les utilisateurs connectés en réseau.

V.1.1..Logiciels pédagogiques :

Il existe des logiciels pédagogiques dont la destination aux utilisateurs est mal formatée. Il faut séparer les notions de documentation/banque de données/archivage et les notions de formation.

C'est dans le domaine ludique que le mécanisme d'apprentissage est le mieux pris en compte. De même, il semble que la véritable créativité est exploitée dans le domaine des logiciels de jeux, où l'effet artistique recherché est la surprise et l'émerveillement.

V.1.2..Evolutions techniques vers une plus grande interactivité :

Le CD-I (Compact Disc-Interactive) : disque compact ne faisant pas appel à un ordinateur pour être lu, mais à un lecteur de CD-I branché sur le poste de télévision. Il a la particularité

de stocker des applications multimédia (musique, graphiques, textes, animations, vidéos) disponibles de manière interactive par l'utilisateur/spectateur du CD-I. Lancé en 1985, le CD-I n'a pas convaincu le marché : le nombre réduit d'applications développées sur le CD-I et la faible part des foyers équipés (cercle vicieux) ont débouché sur l'arrêt de commercialisation du produit.

Le CD-ROM (Compact Disc- Read Only Memory) : l'équivalent du CD-I sur ordinateur, nécessitant un lecteur de CD-ROM. Il est le support multimédia le plus répandu aujourd'hui qui a permis de donner une idée de ce qu'est une application multimédia. Sa capacité de stockage est de 650 Mo, ce qui correspond à l'espace mémoire nécessaire pour 74 minutes de son.

Le DVD (Digital Versatil Disc)

Le DVD est une galette de 12 cm semblable extérieurement à un CD, qui permet de lire ou d'écrire près de 10 gigaoctets de données, capacité qui doit passer ultérieurement à 17Go, soit sept à trente fois les capacités des disques lasers. Bien que le DVD soit un peu l'Arlésienne des supports multimédias, le DVD remplacera totalement les CD-ROMs, une fois que le marché sera régulé (baisse des prix, augmentation de la production et des équipements). Il existe deux formats : le DVD-ROM et le DVD Vidéo (standard universel), dont la qualité est meilleure que les cassettes VHS et les vidéos sur disques lasers.

le CD-EXTRA, de Sony, qui permet à un coût équivalent de celui du CD-Audio de profiter des qualités acoustiques du CD-Audio tout en offrant la possibilité à l'utilisateur de lire le CD comme un CD AUDIO traditionnel lorsqu'il est écouté sur une chaîne hi-fi, et de lire une application multimédia interactive lorsqu'il est lu par un lecteur de CD-ROM. Il a la grande particularité technique d'être compatible Mac et PC.

Le DVD RAM devrait être disponible en mai 1998 : la mémoire vive du DVD RAM permet d'écrire et de réécrire sur le su qu'une fois. De plus, à la différence du CDR (Rewritable CD) sur lequel on ne peut écrire plus, le DVD-RAM a une capacité de 2.6 Go sur chaque face, d'où une capacité totale de 5.2 Go.

Il faut noter que cette augmentation de la capacité de stockage pose des problèmes concernant les produits sur support enregistré. Déjà les producteurs de CD ont souvent de la difficulté à réunir 70 minutes de musique en préservant une certaine homogénéité de contenu et de qualité.

V.2. Interactivité déclarée et appréhension de la forme ouverte

L'attitude active de l'utilisateur d'une application multimédia dans sa navigation hypertexte se distingue de la réception passive des auditeurs d'un concert de musique aléatoire, où la notion d'ouverture n'est pas apparente.

Ainsi pourrait-on imaginer la réalisation d'un CD-ROM dédié au Klavierstück XI de Stockhausen, dans lequel l'utilisateur pourrait effectuer les choix de tempo et de tonalités qui sont jusqu'à présent du ressort de l'interprète. Même si la forme musicale de l'œuvre ouverte est antérieure au concept de création musicale sur les supports multimédias, la réunion de la musique et des supports en une même application permettrait à l'auditeur de pénétrer

davantage les mécanismes de la création musicale et, par exemple, de comprendre réellement la portée d'une œuvre ouverte. Même si la forme musicale de l'œuvre ouverte est antérieure au concept de création musicale sur les supports multimédias, il serait intéressant de réunir cette musique et ces supports dans une même application, comme pour " ouvrir " encore plus la forme musicale.

Le multimédia se prête à de nouvelles formes d'art. Des artistes pourraient créer des "œuvres-matrices" tirant parti de ses possibilités propres, et dans lesquelles "l'utilisateur" - spectateur/auditeur/interprète/improvisateur - pourrait naviguer suivant des itinéraires plus ou moins balisés et agencer diversement des éléments pré-composés.

V.3. Principes du multimédia

Le multimédia est, au même titre que jadis le cinéma ou la télévision, une technique qui pour l'instant est considérée comme mineure, quoique riche des virtualités d'un marché potentiel. De même que la photographie s'est émancipée de la tutelle de la peinture, de même que le cinéma s'est séparé du théâtre et que la télévision parvient laborieusement à un type de production autonome, le support multimédia introduit des techniques nouvelles qui conduiront, à terme, à des modes originaux d'expression.

Il convient de bien cerner les principes du multimédia afin d'esquisser une politique de la recherche technologique et artistique en la matière :

- Accès interactif au support (Hypertexte)
- Interactivité avec les personnes (Echange)
- Alliance image/son
(Virtualité)
- Transposition de l'espace et du temps

V.4. Vers de nouvelles techniques pour l'art :

La mise en œuvre de procédures opératoires ne suffit pas à produire un art. On peut néanmoins être attentif à ces nouvelles techniques qui peuvent préfigurer un art nouveau.

L'abolition espace/temps (télétransmission/enregistrement) permet de délocaliser et de rendre disponible à tout instant une expérience artistique.

Le multimédia n'est pas la somme de ses constituants juxtaposés. Il intègre les techniques d'images de synthèse, d'images animées, de montage virtuel, de traitement de texte, de navigation quicktime VR, de transmission codée du son sur la norme MIDI (Musical Instrument Digital Interface), de lecture numérique d'un son encodé. Il tend en outre à une cohérence et une souplesse toujours accrue qui lui confèrent peu à peu le statut d'un langage artistique autonome.

Les potentialités technologiques ne sont pas toujours exploitées, loin s'en faut. On peut s'étonner du fait qu'il ne semble pas exister aujourd'hui de CD-ROM (Cédérom) disponible

commerciallement concernant la danse, une discipline s'il en est qui paraît être spécialement bien adaptée à ce média.

V.4.1. Conclusion :

Les techniques nouvelles créent des situations nouvelles qui spécifient et induisent de nouvelles formes d'expériences esthétiques.

Le multimédia ne remet pas seulement en cause les formes traditionnelles de la communication esthétique voire les techniques traditionnelles de la production artistique ; il a une fonction de proposition, car il tend à exhiber certaines procédures opératoires, à solliciter certains fonctionnements mentaux, à stimuler certaines attitudes d'attente et de reprise qui n'ont jamais été explorées en tant que telles à l'état séparé. Ces régimes originaux du fonctionnement mental – association mentale (accès interactif aux données), échange et jeu (interactivité entre personnes), saisie globale de l'environnement (navigation), prise et proprioceptivité (réalité virtuelle), transposition (abolition de l'espace et du temps) – s'extériorisent grâce à la machine en des procédures opératoires définies, qui sont porteuses à terme de nouvelles formes d'art.

Le support multimédia a donc des techniques qui lui sont propres, qui lui permet de mettre en place des applications d'un même représentation formelle. De même que le support livresque a révolutionné l'écriture et le rapport à la lecture, le support multimédia est faiseur de sens et base d'une sémantique propre au langage multimédia.. Si l'on ne peut réduire les perspectives de la création multimédia au langage du vidéo-clip du moins peut-on déjà relever dans celui-ci les éléments d'une morphologie, d'une syntaxe et d'une sémantique.

Il semble clair que le domaine culturel n'a pas réussi encore à trouver ses formes et son public en termes de multimédia. Pourtant il semble que l'ensemble des techniques et des recherches actuelles pourrait donner lieu à des produits artistiques porteurs d'un contenu pouvant concerner un large public. Ici le rôle de la pédagogie paraît vital. Certains grands groupes s'investissent dans la pédagogie - au point qu'on peut peut-être même parler de conditionnement à leurs produits.

Les spécialistes de l'éducation paraissent aujourd'hui sceptiques vis-à-vis des CD-ROM: mais l'accès à des réseaux assez rapides pour une interactivité riche est encore l'exception. On connaît mal la façon dont l'interactivité peut développer l'imagination.

VI. Pour une meilleure articulation de la recherche musicale, de la formation à la recherche et de la musicologie du XXème siècle

La structure actuelle de la recherche associe deux formations doctorales – Musique et Musicologie du XXème siècle ; Acoustique, Traitement du signal, et Informatique Appliquée

à la Musique & à un laboratoire d'accueil CNRS & l'unité mixte Recherche Musicale (UMR 9912). Cette structure, qui est sous-tendue par l'IRCAM et en dépend étroitement dans ses moyens et sa stratégie, doit être entièrement refondue. La formation doctorale " Musique et Musicologie du XXème siècle " ne saurait être reconduite dans son état présent car elle fédère des institutions trop nombreuses et répond à un état de la recherche dépassé. Il conviendrait de dissocier la recherche musicale de la musicologie du XXème siècle et de donner un véritable contenu à la recherche musicale qui doit comprendre :

- une formation pratique aux nouvelles technologies
- une formation à la pratique compositionnelle avec les nouveaux outils
- une formation pratique et théorique aux problèmes de la modélisation
- une formation pratique et théorique en musique et musicologie de la seconde moitié du XXème siècle.

Le but de la formation à la recherche musicale est de permettre aux étudiants en musique d'acquérir une maîtrise aussi bien pratique que théorique de leur discipline.

Dans sa composante proprement musicologique, la formation doctorale "Musique et Musicologie du XXème siècle" pourrait trouver des relais progressifs par l'Université. Le secteur qu'elle représente se distinguerait ainsi fondamentalement de celui de la recherche musicale. Il pourrait se fédérer en un réseau national.

La recherche musicale, qui tend aujourd'hui à se développer exclusivement dans le domaine des Sciences Pour l'Ingénieur, doit être rééquilibrée et se constituer, pour partie, en un domaine relevant du secteur des sciences humaines. Le domaine de recherche propre à la recherche musicale en Sciences Humaines devrait comprendre les quatre points énoncés ci dessus.

Il est indispensable qu'un laboratoire d'accueil étoffé puisse prendre en charge, en Sciences Humaines, les activités de recherche et de formation à la recherche.

Il conviendrait également d'éviter de scinder la recherche artistique en deux pôles image et son qui laisseraient en friche le domaine du multimédia. La question de la création d'une formation doctorale dans le domaine du multimédia se trouve ainsi posée. Il n'est pas certain que le regroupement des formations image et son dans une même école doctorale suffirait à éviter la scission des deux domaines.

La gestion des fonds documentaires qui sont la propriété de l'éducation nationale et du CNRS et qui sont intégrés à la médiathèque Ircam devrait être reconsidérée et faire l'objet de dispositions contractuelles. Les fonctions et les objectifs de la consultation publique ne peuvent en effet se confondre avec ceux d'une bibliothèque de laboratoire.

VII. L'avenir de l'organisation du travail dans le domaine AST

Le domaine Art Science Technologie englobe à la fois la technologie de la production, l'organisation économique, les valeurs sociales et les modes de vie, les critères esthétiques et

les formes de symbolisation. Ces changements doivent être abordés dans leur globalité et dans leurs interférences.

L'un des principaux facteurs de blocage qui conduira à la crise réside dans la persistance de techniques d'organisation et de formes de gestion anciennes.

L'organisation du travail de la recherche est appelée à prendre en compte une interdépendance toujours plus marquée des disciplines et des technologies. Elle doit faire face à un accroissement imprévisible d'interconnexions et se restructurer constamment selon de nouvelles ramifications. L'organisation du travail de la recherche est ainsi perpétuellement remise en cause, voire menacée d'inadaptation et de dislocation.

L'évolution rapide des besoins identifiables de la société, la complexité croissante que présentent les environnements technologiques, économiques et sociaux, exigent des stratégies d'organisation toujours plus intégratives, et non pas compartimentées. La tendance à la spécialisation, à la dissociation en compétences techniques ne va pas dans le sens des processus dynamiques créés par l'environnement lui-même. Les structures d'organisation et la définition des tâches devront, à l'avenir, satisfaire à des critères d'adaptabilité, de coopération, de maîtrise et de synthèse. Les stratégies d'organisation devront privilégier l'autonomie des groupes qui seront appelés à planifier, régler et contrôler leurs tâches. L'autonomie suppose que l'on privilégie les compétences multiples du groupe et de l'individu, que l'on institue une structure de tâches où la part mécanique soit toujours plus réduite alors que les fonctions de prospective, d'interprétation et de contrôle s'étendront.

Le contexte technologique raffiné qui est celui du domaine AST exclut une répartition du travail en activités restreintes et fractionnées et requiert une capacité adaptative croissante. Il présente en outre une variété dans le travail qui exigera une formation constante et polyvalente, capable de suppléer à l'inattendu.

La participation des intéressés au contenu des tâches, à l'organigramme ainsi qu'au planning des changements devient essentielle à une organisation du travail adaptée à des environnements en constant renouvellement. La motivation des chercheurs, des ingénieurs et des administratifs constituera une exigence prioritaire du travail. Dans un climat d'incertitude il est difficile d'établir une politique stratégique, si bien que la hiérarchie évite les décisions majeures. La prise de décision tend à se transférer à la gestion quotidienne. Ce déplacement, qui requiert une souplesse dans la gestion du personnel, appelle une organisation plus démocratique, à tout le moins "polyarchique", reléguant au second plan les structures centralisées d'autorité et de responsabilité. La part décisionnelle de l'administration en sera sans doute à l'avenir réduite.

STRATEGIES SCIENTIFIQUES - et thèmes d'étude dans le domaine des arts visuels et corporels

Annie Luciani
Patrick Callet,
Michel Florenzano,
Henri Maître

Légende :

Pour alléger le texte, nous utiliserons trois mots-codes intégrés :

Processus artistique :

Le mot-code "processus artistique" désignera la conception d'objets d'arts, ou bien la production d'objets d'arts, ou bien le traitement d'objets d'arts, ou bien l'interprétation d'objets d'arts.

Objet d'art visuel

Le mot-code "objets d'art visuel" désignera des objets des arts visuels au sens général sans limitation d'objectif, ni de support. Il inclut les images statiques, les images dynamiques (cinéma), les objets d'installations statiques et dynamiques, les objets des arts appliqués...

Activité artistique

Le mot code "activité artistique" désignera ou bien l'activité de recherche (pour ou sur les objets d'arts ou le processus artistique), ou bien l'activité de production d'objets d'art, ou bien l'activité de formation, ou bien l'activité de valorisation.

Rappel : Les grands constats de l'état des lieux

Constat 1

Après l'échec de la bataille des standards en 1978 et une longue traversée de travaux souterrains, la recherche en informatique graphique en France a reconstruit lentement ses forces et son capital ;

Constat 2

Cet échec a eu des incidences importantes sur le démarrage de la production en matière de nouvelles images et de cinéma. Mais celle-ci s'est également reconstruite et dispose de bases, d'une force et d'un dynamisme certain ;

Constat 3

Les écoles d'art publiques ou privées sont disposées à s'ouvrir à l'innovation et à l'utilisation plus directe des produits conceptuels et matériels des laboratoires de recherche;

Constat 4

La valorisation demeure le point faible, qu'il s'agisse de la remontée des résultats de recherche et des recommandations en provenance des activités de productions et de formation vers la production de logiciels et d'outils innovants en informatique graphique dédiés à la création artistique et la production culturelle.

Partant des atouts actuels réels en recherche - production - formation, et aux cotés des autres efforts effectués en informatique graphique, nous pouvons envisager les thèmes et opérations à favoriser pour développer une pratique solide en matière d'A.S.T dans le domaine des arts visuels.

Quelques spécificités de la recherche liée aux arts visuels

1. L'idéologie du transfert est une idéologie réductrice

Les outils utilisés actuellement par les artistes ou les producteurs d'images numériques ont majoritairement été développés pour d'autres objectifs (la CAO (1) mécanique par exemple). L'idéologie sous-jacente est celle du "transfert" des produits de la "vraie science" vers les secteurs réputés appliqués (ou plutôt appliquants).

Dans le meilleur des cas, cela conduit la création artistique et la production culturelle à des pratiques de détournement, qui supposent elles-mêmes une certaine compétence scientifique et technologique. Mais le plus souvent l'attitude des créateurs, producteurs et formateurs se restreint à une attitude consumériste vis à vis de ces outils.

Cette vision est réductrice car elle ne développe ni l'analyse des besoins, ni la créativité technologique et scientifique. Or l'histoire montre que dans les grandes périodes, les artistes ont toujours été intimement liés à l'évolution technologique et ont toujours été très actifs et très productifs dans celle-ci.

Pour ne citer que quelques cas majeurs :

- la perspective pour la maîtrise des représentations de l'espace
- la photographie pour la maîtrise de la lumière,
- les automates et le cinéma pour la maîtrise des représentations du mouvement,
- les supports, pigments et matériaux picturaux pour la maîtrise des matières.

Ainsi, les besoins ou les projections artistiques peuvent également être en avance sur le temps scientifique et technologique.

2. Les objets et les méthodes de représentation sont à priori non-limitables

En imagerie numérique dédiée aux applications scientifiques et/ou technologiques, les recherches sont structurées selon le type d'objets de l'application.

Par exemple, les applications CAO-3D (mécanique, architecture...) s'intéressent essentiellement aux objets manufacturables et elles sont à la base de la majorité des outils de synthèse d'image 3D actuels. D'autres applications s'intéressent prioritairement aux objets déformables, d'autres aux propriétés de la lumière...

L'imagerie numérique (analyse et traitement dédiée à la création artistique et à la production culturelle ne peut limiter ainsi son champ d'objets et de phénomènes visuels, qui est a priori illimité.

Elle ne peut non plus limiter la variété de méthodes de représentation. Ainsi par exemple, la modélisation de formes ne peut se limiter à la modélisation géométrique. L'artiste peut avoir besoin dans la même session de travail, à des représentations de déformations, de fractales, de champs, d'écoulements... De même dans la représentations des mouvements, on ne peut restreindre les mouvements pertinents à ceux formulables analytiquement.

3. En matière d'art et de culture, les recherches sont souvent des recherches "aux limites"

Les questions et besoins soulevés par l'étude ou la production d'objets d'art se situent très souvent aux limites technologiques et scientifiques.

En voici quelques exemples :

- La représentation de la forme des "parchemins de la mer noire", la modélisation des matériaux fibreux, les représentations numériques des matières nacrées, supposent probablement des procédés d'analyse et de représentation que la synthèse d'image n'a pas encore développés.
- Le stockage numérique des objets d'art (peintures, sculptures...) réclame des quantités d'informations considérables et suppose la mise au point de procédés de captation, de représentation et de restitution sans commune mesure avec ceux nécessités par d'autres types d'objets.
- La captation et la synthèse de dynamiques comme les dynamiques corporelles ou les dynamiques de phénomènes naturels courants mais complexes (écoulements, chutes, fractures, chaos), suffisamment fines pour s'adresser aux sens humain, sensoriels et symboliques, sont aujourd'hui balbutiantes et sont introduites dans les outils de synthèse d'images par des poussées artistiques.

4. La relation de l'artiste aux objets d'arts durant leur production ne peut être figée

Dans les applications technologiques, les modes de conception et de production des objets produits sont la plupart du temps réglementés et codés. Si ce codage assure la robustesse du processus ainsi que sa communicabilité, il ne peut s'appliquer à toutes les activités humaines. Le développement de l'interactivité graphique et gestuelle est une des principales révolutions apportée par "l'ordinateur sensible et communicant".

En matière d'activité artistique, l'intervention de l'artiste doit pouvoir choisir la modalité d'intervention la plus appropriée au projet et aux possibilités technologiques : entre l'automatisation totale du procédé et le contrôle manuel de chacun des attributs de l'objet d'art à produire.

A titre d'exemple, on a souvent opposé "animation" et "simulation", le premier centré sur la définition la plus manuelle possible de cinématiques, le second sur la synthèse complètement automatique. Pour l'artiste, ces deux modalités ne s'opposent pas mais se complètent.

La manipulabilité ne se réduit pas à un jeu manuel. Elle joue sur les différentes étapes de construction de l'objet d'art, depuis le croquis ou l'ébauche des formes et des mouvements, jusqu'au jeu instrumental lorsque celui-ci existe (comme c'est le cas en animation ou dans des installations interactives). Elle concerne donc aussi bien les protocoles de conception d'objets que les mises en situation spatiales et temporelles.

De ces spécificités découlent quelques critères structurants pour le développement actuel des arts visuels liés à la science et à la technologie :

Critère 1 : Hétérogénéité, grandes dimensions, variétés

Critère 2 : Macromodèles, multiéchelles, généricité

Critère 3 : Réactivité, prise en compte de l'humain, intersensorialité

Critères structurants pour le développement actuel des arts visuels liés à la science et à la technologie

Critère 1 - Hétérogénéité

(mots-connexes : variété, environnements de grande taille)

L'informatique graphique et le traitement d'images maîtrisent assez bien la modélisation, le traitement et l'archivage de scènes et objets relativement homogènes (cela ne signifie pas qu'elle les maîtrise totalement). Une des spécificités fortes lorsqu'il s'agit d'art visuel est d'emblée les hétérogénéités des scènes et objets. Le pendant de cette hétérogénéité est la diversité (champ exploratoire vaste par rapport aux champs exploratoires des disciplines scientifiques ou technologiques non artistiques) et la dimensionnalité des scènes et objets traités (scènes de grandes tailles spatiales et/ou temporelles). Ceci n'est pas une spécificité du domaine artistique mais elle en est d'emblée une nécessité première : on peut pas imposer un art minimaliste à tous les artistes.

Critère 2 - Macromodèles

(mots-connexes : multiéchelle, généricité, universalité)

Le processus artistique met d'emblée en jeu des processus que nous qualifions de multi-échelle : Par exemple, il n'est pas suffisant de fabriquer un avatar virtuel humain. Nous devons concevoir dans le même temps l'animation qu'il va suivre et la composition dans laquelle il s'inclut. Il n'y a d'ailleurs pas d'ordre de parcours standardisable dans le processus artistique. C'est le plus souvent un processus incomplètement défini à issues multiples. Ainsi, la musique traite autant du son et de la composition que du rapport du son à la composition. Longtemps encapsulé sous le terme de "globalité du processus de création", l'évolution des concepts et techniques nous demande d'entrer plus en avant dans ce type de complexité.

Exemple : si le comportement spécifique d'un tas de sable réel importe peut être plus au physicien qu'à l'artiste, que ce phénomène soit applicable à des macrophénomènes dynamiques visibles (ou audibles), est par contre de la plus grande importance pour certains modèles artistiques contemporains, car il réfère à des théories et modèles essentiels aujourd'hui tels que les théories des effets, le non déterminisme, l'évolutivité propre, la notion d'émergence...

Critère 3 - Interactivité

(mots-connexes : perception, réactivité des systèmes et représentations, intersensorialité)

Compte-tenu de la diversité des objets traités par l'art et compte tenu de la place essentielle de l'homme dans la production, le traitement ou l'interprétation des produits et processus artistiques, l'interactivité et la réactivité des systèmes et objets aux interventions humaines est une nécessité qui intervient à tous les niveaux du processus artistique.

Du point de vue des tendances artistiques, l'ère du "tout conceptuel" est en perte de vitesse et l'ère du "corporel" apparaît. Cela a une incidence importante sur les procédés technologiques

réclamés par l'activité artistique : la capture, l'analyse, la transmission des actions et commandes humaines deviennent des thèmes structurants des systèmes de production et de communication.

Quelques thèmes de recherche dans le domaine des arts visuels liés à la science et à la technologie

1. Analyse et traitement d'images

- Imagerie pour objets muséographiques existants
 - Transmission
 - Stockage, archivage
 - Consultation, indexation
 - Téléconsultation : échanges entre musées, consultation privée
 - Compression de qualité
 - Sécurité
 - > *Cf grands projets européens sur les archivages, base de données, échange entre musées, consultation privée...*
 - > *Vers le musée virtuel*

- Traitement d'images pour objets muséographiques existants
Connaissances des objets d'art : en quoi les nouvelles technologies et la science aident à mieux connaître, conserver, diffuser, protéger, les œuvres d'art ou leurs images.
 - Authentification, certification
 - Connaissance historique
 - Contribution à l'histoire de l'art : méthodes des peintres, palettes, matériaux...
 - Outils scientifiques et techniques d'aide virtuelle à la restauration (exemple en peinture : traitement des lacunes, des fractures, allègement des vernis, décrassage, vernissage/devernissage, présentation et échange par réseau de stratégies de restauration...)
 - Couplage analyse-synthèse d'images pour la représentation d'œuvres "insaisissables" comme les peintures monopigmentaires très sombres (Noirs de Soulages...), reconstruction 3D de la surface de la couche picturale pour mise en lumière et en observation virtuelles

- Produits dérivés
Valorisation des analyses - archivages et traitement par l'industries des répliques
 - CD-ROM,
 - bibeloterie... produits dérivés

Constat :

C'est là que se trouvent les plus grandes masses financières.

On pense qu'il peut y avoir un équilibre financier (autofinancement de cette rubrique)

Recommandations : développer une industrie de la réplique

Rapatriement de l'industrie de la reproduction d'art :

- imprimerie d'art - (monopole italien en Europe)
- moulage...
- Veiller à ne pas brader les bases de données

- Veilles et recherche spécifiques

- Problème du non - moulable,
- Problème du non captable (nacres, matériaux fibreux...)
-

2. Synthèse de l'image : modélisation - simulation - visualisation

Pousser au développement de procédés, modèles et méthodes de synthèse numériques d'effets visuels qui correspondent aux centres d'intérêts directs de l'activité artistique et qui prennent en compte les expressions immédiates des besoins, même lorsqu'elles nécessitent des recherches à long terme.

- Modélisation de formes spatiales complexes (volumes et/ou surfaces) :

- Formes naturelles,
- Processus de morphogenèse,
- Formes modifiées naturellement ou par action manuelle
- > érosion, corrosion, sculpture, vieillissement...
- Formes organiques

- Modélisation de l'évolution temporelle de formes complexes

- Déplacements, déformations, transformations, métamorphoses
- Changements d'état :
 - > flammes, étincelles, sédimentation, cristallisation
- Évolutions naturelles complexes et émergence de formes spatio-temporelles perceptuelles pertinentes
- > turbulences, avalanches, nuages, matière molle, tissus, matériaux à mémoire de forme, composites...
- Évolutions organiques et métaboliques :
 - > croissances et locomotion cellulaires...
- Évolutions autonomes, comportement vivants individuels et collectifs...

- Complexité structurelle intrinsèque :

- modélisation des phénomènes naturels, pour la perception et l'action artistique
- modélisation des comportements vivants : notion d'avatars virtuels

- Hétérogénéité :

Collaboration et interaction entre :

- différents types de modèles, d'effets, d'objets
- > avatars - phénomènes naturels - objets manufacturés...

- Phénomènes à échelles temporelles multiples
 - Processus de morphogenèse
 - Changements d'états,
 - Bio-effets, Modèles de croissance
 - Phénomènes collectifs, chaotiques...

- Phénomènes à échelles spatiales multiples
 - Formes-substrat / formes-contour :
 - > peau, fourrure, hérisson...
 - États de surfaces de matériaux :
 - > matériaux fibreux, à écailles...
 - Processus de morphogenèse :
 - > arborescences, empilements spiralés & translatsés...
 - Fractalisation

- Modélisation des causes pertinentes d'effets sensibles complexes
 - Interactions entre corps
 - Notion d'émergence des effets visuels, macro-effets
 - > phénomènes de foule

- Modélisation de la couleur et de l'interaction physique lumière-matière
 - Modèles de matériaux (au delà du spéculaire et du diffus) :
 - > nacre, pigments, alliages, verres, films, glaçures, fibreux, brossés...
 - Interactions lumière - couches minces
 - > films, bas-reliefs, mosaïques...
 - Interactions lumière - milieu participatifs
 - > vitraux, buées, matériaux et milieux fluorescents...

3. Saisie analyse et traitement des informations de formes, de couleurs et de mouvements :

Pousser au décloisonnement des procédés de capture et au développement de capteurs et de procédés d'analyse adaptés à la captation de formes et matières complexes, de grande taille ou multisensorielles.

- Nouveaux types de capteurs de couleur ou de phénomènes d'interaction lumière - matière

Ces capteurs doivent être légers, inoffensifs et rapides afin de pouvoir intervenir dans les lieux où sont les œuvres d'art (musées, espaces publics, intérieurs ou extérieurs, espaces historiques protégés)

 - Dépassement de la conception anthropomorphique où l'on capte ce que l'on voit et qui conduit à une limitation de la représentation par la réduction trichromatique des phénomènes optiques (vers une description spectrale et/ou électromagnétique)
 - Spectrophotométrie, capteurs multispectraux, hyperspectraux...
 - Cas des matériaux incaptables :

- > fumées, étincelles, nacrés, matériaux fibreux, écailles, ailes de papillons, camail et plumage, minéraux...
- Améliorer la gamme et l'étendue des capteurs
- Nouveaux procédés optiques exploitant les propriétés du rayonnement
- Nouvelles méthodes de reconstruction de données et de compression

- Capture du mouvement cinématique et dynamique :
Le geste artistique, le geste instrumental, geste d'excellence contient toutes les questions sur la perception et le contrôle du mouvement.

- Capture des déformations (mimiques, clones, personnages...)
- Captures de forces et de déformations
- Capture des gestes digitaux, manuels, corporels

- Analyse du mouvement

- Analyse multicapteurs
- Analyse du geste digital, manuel, corporel
- Analyse, codage, représentation, traitement du geste instrumental
- Introduction de l'instrumentalité dans les arts visuels

- Acquisition de formes complexes volumiques ou surfaciques

Arborescences naturelles...

- Acquisition de formes complexes multiéchelles (hérisson...)
- Collecte et fusion de données multisensorielles :

- Multicapteurs, multisources, de grande taille, analyse multicritères...
- Capture de la parole, des déformations labiales, des expressions faciales
- Capture de gestes manuels d'accompagnement de la parole

4. Contrôle, Réactivité, Instrumentalité

**Pousser au plus profond niveau des outils de création l'intervention sensible de l'artiste.
Augmenter la sensorialité de outils de conception et de production en développant
l'interaction multisensorielle et la transmission des informations sensibles et sensibles.**

- Contrôle et création sensibles de formes
- Contrôle et création sensibles de mouvements
- Interactivité sur réseau
- Création d'une forme par travail coopératif
- Évolution d'une forme par action collective, délocalisée, multi-acteurs
- Communication via des mondes virtuels
- Relation entre le monde réel et le monde virtuel
- Intervention de la technologie sur le monde réel (mieux voir un objet réel inaccessible directement, dans le temps comme dans l'espace)
- Télégeste sur réseau (geste dansé, geste pictural, geste théâtral...)

5. Algorithmes et méthodes

Pousser à la collaboration étroite avec les chercheurs et ingénieurs des sciences pour l'ingénieur pour l'analyse et la prise en compte des complexités logicielles et matérielles liées aux traitements et à la production des objets artistiques.

- Complexité algorithmique
- Gestion d'informations - représentations de données
- Bases de données
- Calcul intensif, parallélisation
- Temps réel
- Veille technologique sur les machines, les architectures matérielles et logicielles, les algorithmes (industries des jeux vidéo)
- Evolutivité des scènes et objets (exemple : le jeu "Simcity")

6. Conception d'outils de création nouveaux Évolution des outils matériels et logiciels

Proposer des architectures et concepts d'outils adaptés à l'activité artistique. Pousser à l'analyse des besoins et des processus de création. Permettre l'émergence d'idées nouvelles en matière d'outils matériels et logiciels de création.

- Évolution des logiciels d'animation :

Capture du mouvement, 3D en ligne, 3D temps réel

-> Corrélation scénario/imagerie temps réel/contrôle gestuel /observation du comportement (Modèle du jeu vidéo)

- Évolution des palettes graphiques, aujourd'hui adaptée à la Publication Assistée par Ordinateur (PAO) :

-> palettes et modeleurs adaptés à la conception graphique

- Systèmes à retour d'effort

- Machines à peindre, à sculpter, à graver, imprimer à distance,

Il faut distinguer la télétranscription du geste et du résultat.

7. Standards de stockage et d'échange

Anticiper sur les nouveaux types d'informations à analyser, à stocker et à transmettre (informations de tailles variables, à structures reconfigurables, multisensorielles). Collaborer avec les scientifiques et techniciens sur la quantification des canaux de communications et de

stockage pour la prise en compte des caractéristiques qualitatives et quantitatives des objets d'arts

- Représentation de scènes stockées
 - Multiformats, environnements de grande taille, avatars virtuels
- Représentation d'informations à stocker
 - Faut il stocker les images ou les AVO (Abstract Virtual Objects)?
- Format des informations à échanger
 - Théâtre, danse, animation d'images...
 - > Un nouveau type d'informations : les informations de commandes (mouvement du corps, gestes)
 - Théorie de la télécommunication des gestes :
 - > variables, discrétisation, compression...

8. Macrostructures de formes et de mouvements - Modèles compositionnels

Développer une recherche en profondeur sur l'analyse et la production de macro-structures artistiques (formes spatiales, formes temporelles...) en liaison avec l'analyse des formes artistiques, les procédés de conception et d'écriture et les méthodes de production des constituants visuels de ces formes.

Valider les recherches et les analyses par la production d'œuvres et l'intégration des procédés de composition dans les outils de synthèse et de traitement d'images.

- Modèles de générations de formes macroscopiques et compositionnelles
 - Formes macroscopiques autosimilaires et leurs variantes
 - Dynamique des formes macroscopiques :
 - > chaos, évolutions métaboliques, évolutions autosimilaires,
- Modalités de maintien ou d'évolutivité d'une forme
 - Maintien d'une forme par destruction/ reconstruction de son contour
 - Maintien d'une forme par évolutivité interne de sous-formes...)
- Évolution des processus d'élaboration de structures narratives
 - Coopérations de scénaristes spécialisés :
 - > narratifs, effets spéciaux, dynamiques,...
 - Évolution des structures de production et des architectures des outils logiciels
- Développement d'outils intégrés Écriture - Modélisation - Simulation

- Interaction Écriture <-> Layout
- Notion d'esquisse

9. Psychophysique artistique - Perception esthétique

Développer une **psychophysique artistique** (formes, lumière, couleurs, mouvements) liée à la perception de phénomènes sensibles et sensés, à priori différente d'une psychophysique de base s'attachant à l'étude de phénomènes bioperceptifs ou biomécaniques élémentaires (cf. la psychoacoustique musicale, la biomécanique des gestes musicaux, la biomécanique des gestes dansés)

- Notion de réalisme et/ou de conviction de la réalité
 - Réalisme pour voir, pour agir, pour connaître...
- Relation avec l'individu percevant - Critères de qualité
 - Qualité des restitutions des formes tridimensionnelles
 - Qualité des restitutions des couleurs
 - Qualité des restitutions de mouvements
- Relation avec l'individu percevant - Critères de confort du spectateur
- Recherche de critères d'esthétique
 - (Exemple au Japon 1,4 million de \$ par an sur 5 ans)
 - Critères objectifs déterminants (nombre de bits pour la couleur...)
 - Aspects sociologiques, culturels, psychophysiques ...

10. Nouvelles formes artistiques Passerelles avec d'autres domaines artistiques

Un mot clé pour les projets artistiques à venir :
la transdisciplinarité artistique

En symbiose avec les modèles contemporains qui traversent les champs scientifiques et sociologiques, l'activité artistique se doit d'intégrer la nouvelle genericité des concepts de temps et d'espace, de corps et d'ubiquité, de matérialité et de virtualité, de stabilité et de chaos, d'équilibre et d'irréversibilité....

Ces concepts sont transversaux aux champs scientifiques, philosophiques et également artistiques qui ont participé à leur émergence. Ils sont également transversaux aux disciplines artistiques constituées (musique, arts plastiques, cinéma, danse, théâtre, littérature...).

Les outils et concepts contemporains conduisent au décloisonnement des disciplines artistiques dont les jeux informatiques multimédia ne sont qu'un petit préambule. Il s'agit d'anticiper et d'aider à ce décloisonnement sur ces deux dimensions principales :

- la dimension sensible via le développement des produits artistiques hybrides et plus généralement multisensoriels,
- et la dimension communicationnelle par l'élargissement des lieux d'accès et d'échange via les réseaux
- Multimédia - multisensoriel

- Synchronisation
- Nouvelles formes artistiques (opéra multimédia)
- Arts en réseaux
- Relation entre avatars et personnages.
- Parole - vocal
- Traits pertinents dans le multisensoriel

Quelques axes par domaines d'usages et d'applications

Création cinématographique et audiovisuelle :

Fiction, courts-métrages, dessins animés, animation
 Image de synthèse, synthèse 3D, modélisation
 Réalité virtuelle, scénarios interactifs
 Architectures interactives, machines de montage
 Réseaux, techniques de diffusion TV (pay per view)
 Langages de scripts, vml, java, etc.
 Production, diffusion, commercialisation
 Archivage vidéo, indexation

Communication homme-machine et multimédia

Palettes et outils interactifs
 Apprentissage et cognition
 Téléthéâtre

Image et patrimoine

Traitement de image au service de l'histoire de l'art
 Stockage et archivage numérique des œuvres
 Bases de données, consultation indexation
 Musées virtuels

Architecture

Systèmes de relevés
 Restitution des architectures disparues
 Représentation réaliste du projet urbain
 Simulations : ambiances (lumineuses - sonores), comportements des édifices, prise en compte de l'environnement
 Maquettages virtuels et prototypage virtuel et réel, travail coopératif
 Méthodes de conception - la notion d'esquisse
 Simulation et communication de projet : étude d'impact (images satellite, photos aériennes utilisées en 3D...), maquettes virtuelles
 Dynamique des paysages - 3 échelles : édifice (intérieur et extérieur), urbanisme (morphologie urbaine), paysage urbain

Arts Plastiques

Peintures : création, analyses, resynthèses (matériaux, glacis...)
 Sculptures : création, aide à la recomposition
 Installations interactives
 Mosaïques : création, analyses, resynthèses
 Vitraux : propagation de la lumière en milieu hétérogène participatif
 Objets d'arts archéologiques : la réalité virtuelle pour s'affranchir de la vision corrodée actuelle
 Fonderie et joaillerie (utilisation des techniques de réalités virtuelles
 Aide à la conception d'expositions (accrochage, lumières,...)

Bande dessinée

Imprimerie d'art - estampes

Littérature et manuscrits (Bibliothèque Nationale de France, BNF)

Les objets de musée (3D) acq. vis. stockage

La photographie

NOTE

(1) Conception Assistée par Ordinateur. Généralement à usage de l'industrie mécanique ou des industries connexes.

Stratégies scientifiques: Propositions de directions de recherche

Jean-Claude Risset

Claude Cadoz

Hugues Dufourt

Annie Luciani

Introduction

Claude Cadoz

La mutation technologique transforme l'ensemble des relations que l'homme entretient avec son environnement, qu'il s'agisse des interactions matérielles ou des relations communicationnelles. L'émancipation de l'information par rapport à l'énergie et la matière est cependant l'évolution la plus spectaculaire de la deuxième moitié de ce siècle. Les vingt dernières années ont vu naître deux phénomènes fondamentaux :

- le multimédia et ce que l'on pourrait appeler une généralisation de la représentation iconique (1),
- le développement de la communication médiatisée et le tissage du réseau d'intercommunication numérique planétaire.

Grâce aux technologies numériques et à l'ordinateur il est possible aujourd'hui de développer, en accompagnement des traitements symboliques les plus élaborés, des représentations qui s'adressent immédiatement à nos sens et se prêtent directement à nos manipulations. Ces représentations iconiques généralisées instaurent des images "intégrales" : dynamiques, multisensorielles (visibles, audibles, palpables) et avec lesquelles le sujet humain peut interagir selon ses modalités naturelles. A travers ces représentations, l'homme peut être en relation avec ses semblables, avec son environnement matériel ou avec tout type d'informations constituées en systèmes et bases de données.

Le réseau ajoute à cette intégralité multisensorielle et sensori-motrice, l'extension spatiale et temporelle.

Il convient de ne pas perdre de vue que l'aspect réseau, aujourd'hui prédominant dans les esprits, est indissociable d'un autre développement spectaculaire : le développement massif de la mémoire physique. Des quantités astronomiques de données sont stockées ou viennent s'ajouter chaque seconde aux banques de données de la planète, réparties dans des organismes de toutes natures, militaires, publics, privés, collectifs ou

individuels. Les technologies de la mémoire donnent à la connaissance humaine une extension temporelle duale de son extension spatiale par le réseau. Ce qui les caractérise l'une et l'autre est un changement d'échelle radical.

Il faut toutefois garder à l'esprit deux faits importants :

1) Toutes les connaissances tendent à devenir numériques. Le numérique pousse jusqu'à un stade ultime la "coupure épistémique", c'est-à-dire le fait qu'en dessous d'un certain niveau de décomposition, l'élément de représentation ne porte aucun ancrage signifiant dans le réel : il est pure convention. Avant l'avènement des nouvelles technologies numériques, ce n'était pas le cas de nombreux objets supports de connaissance: un tableau de maître ou un violon de grand luthier sont des "objets-individus", dont l'unicité est absolue (quelle que soit l'habileté des contrefacteurs) et dont l'information tient dans la relation des éléments qui y sont présents mais également dans la matière même qui les constitue, soumise elle-même à un processus d'évolution historique singulier.

Il est alors important d'identifier les conséquences de la numérisation à grande échelle, tout en étudiant non seulement comment les objets "réels" et les objets "numériques" (virtuels) doivent coexister, mais comment l'aller-retour des uns aux autres doit s'élaborer.

2) Les extensions spatiales et temporelles sont soumises à des contraintes. On ne sait pas encore garantir la pérennité des nouveaux supports d'information au delà de durées qui sont faibles comparées à celle du papier lui-même (2). La conservation de l'information est soumise à deux autres contingences : la pérennité des systèmes de lecture et la connaissance des codages sous lesquels l'information est conservée.

Le franchissement de l'espace est accompli en majeure partie par des ondes électromagnétiques radio, qui se substituent au son, à la lumière visible, aux déplacements et vibrations mécaniques, vecteurs naturels pour l'homme dans son environnement immédiat. Leur vitesse n'est pas infinie, on le sait bien. Par ailleurs, les canaux de communication doivent être spécialement construits, ce qui les rend tributaires de conditions à la fois technologiques, économiques et politiques.

Enfin, les limites sont également humaines. Le système biologique humain, dans ses fonctions végétatives, mécaniques, motrices, sensorielles ou cognitives, possède non seulement sa richesse et sa complexité, mais ses équilibres et ses spécificités. La prise de connaissance par le sens du toucher, par exemple, suppose certaines conditions de taille et de géométrie des objets ainsi que, dans certains cas, une dépense énergétique musculaire en dessous de laquelle l'information pour le système nerveux central perd sa consistance (3). Le corps humain pose des relations entre l'espace, le temps et l'énergie qui ne se présentent dans ces "proportions-là" qu'à son échelle. Immérgé dans le "cyberspace", l'homme continue d'exiger biologiquement et anatomiquement certaines spécificités de son espace naturel. Le réseau installe un nouvel espace dans lequel l'homme, s'il veut l'habiter, doit pouvoir retraduire son espace antérieur.

L'art joue un rôle privilégié pour l'exploration de ces circonstances nouvelles. Ce n'est pas seulement une fonction dans laquelle il peut se rendre utile, c'est le rôle d'éclaireur qui lui échoit. Il en découle un certain nombre d'axes de recherches nécessaires.

Nous évoquons tout d'abord quelques aspects généraux indépendants des formes d'art. La musique et les arts visuels sont considérés ensuite séparément, bien que plusieurs aspects leur soient communs. Nous abordons alors plus particulièrement les nouvelles formes artistiques intégrant les différents médias et les réseaux. Enfin, quelques applications extra-artistiques de la recherche AST sont évoquées.

I. Recherches sur les outils conceptuels et matériels

Claude Cadoz

I.1. Outils conceptuels

I.1.1. Modéliser

L'informatique introduit un ordre supplémentaire dans le processus d'élaboration des représentations. Moyen de représentation "au second degré", elle implique une double démarche de création de "modèles de modélisation". Ce concept peut être attaché à la notion "d'outil de création" dans le contexte des nouvelles technologies pour la création artistique. Les langages et les modèles permettant de créer les représentations informatiques sont objets de recherche en eux-mêmes.

I.1.2. L'articulation microstructure / macrostructure

Ce degré de représentation supplémentaire fait disparaître la hiérarchie entre les formes microstructurelles et les formes macrostructurelles (par exemple il est possible de composer, dans un même logiciel de synthèse sonore, la structure intime du son et l'articulation des sons entre eux ; dans un même logiciel de synthèse d'images animées, il est possible de créer le mouvement avant la forme). De nouvelles problématiques "interstructurelles" ou "trans-structurelles" doivent être alors envisagées.

I.1.3. Création - diffusion - réception

La prise de connaissance des œuvres artistiques change elle aussi de statut et d'échelle. L'œuvre n'est plus nécessairement monolithique, définie de manière fixe en temps et en lieu, monomodale ou monosensorielle. Elle n'est pas obligatoirement "monoculturelle" non plus. Les processus pour sa diffusion et sa prise de connaissance se décatégorisent et se diversifient en conséquence. Il convient de dégager les nouvelles dimensions selon lesquelles ils peuvent se structurer.

De la même manière, le processus de création lui-même se transforme : tout en continuant d'exiger des compétences d'excellence et le statut d'exception sociale du créateur, l'évolution technologique permet d'installer entre la création et la réception un quasi-continuum de processus actifs-réceptifs. Elle permet d'exploiter les fonctions de la créativité quel que soit leur niveau, y compris pour une compréhension plus large des œuvres savantes.

Sur ce plan, le développement des outils pédagogiques a un rôle majeur. De lui dépendent à la fois l'élévation du niveau général de la créativité et celle du niveau général de compréhension des œuvres.

I.1.4. Pédagogies

On connaît mal la façon dont l'interactivité peut aider à la pédagogie et développer l'imagination. Les recherches à ce sujet doivent permettre de préciser l'apport des nouvelles technologies en fonction des contenus à transmettre, d'apprécier leurs limites et d'éviter les écueils du tout technologique. Mais il est clair que les recherches AST concernant les outils

de création ou de conception permettent, par exemple, un contrôle délié sur les matériaux qui devrait conduire à des innovations pédagogiques profondes, qu'il s'agisse de représentations visuelles, de couleur ou de timbre. Michel Decoust insiste sur l'importance de renouveler la pédagogie musicale à partir des recherches - passées ou à venir - concernant l'analyse, la synthèse et le traitement du son, ou bien le geste instrumental.

I.2. Outils matériels et logiciels

Des recherches et développements technologiques sont nécessaires en symbiose avec ces directions d'investigation.

I.2.1. Les transducteurs

Le développement des moyens d'interaction suppose des recherches sur les interfaces matérielles (transducteurs) nécessaires à chaque modalité d'interaction : transducteurs visuels, acoustiques, tactiles, gestuels. Au moment où l'espace matériel individuel se transforme, il est spécialement important de s'attacher à la modalité d'interaction la plus intimement liée à l'espace du corps : la modalité gestuelle instrumentale.

I.2.2. Les architectures matérielles

La logique de développement matériel (hardware) suivie par les grands constructeurs et répondant aux lois du marché et de la concurrence ne permet pas toujours de donner les réponses appropriées, pourtant techniquement possibles, aux fonctionnalités requises pour les usages de la création artistique (en particulier pour ce qui concerne le temps réel et l'interactivité multisensorielle de haute qualité). Le domaine AST doit privilégier l'étude et la réalisation techniques de certains dispositifs ou systèmes de traitement numérique de pointe.

I.2.3. Outils logiciels

Le même raisonnement vaut évidemment pour les outils logiciels. Plus fondamentalement, l'étude et le développement d'outils logiciels, de formalismes, de langages cohérents et génériques pour la modélisation selon chaque modalité, pour la modélisation multisensorielle, pour la représentation et le traitement symboliques, pour la mise en œuvre du processus de création, pour l'analyse, etc., sont des constituants essentiels de l'activité scientifique et technologique AST à développer.

I.2.4. Amélioration de la portabilité des objets artistiques faisant appel aux nouvelles technologies

Pour que l'obsolescence des outils technologiques ne rende pas les œuvres caduques, la recherche de l'invention doit trouver un indispensable prolongement dans la recherche de procédés intégrant la considération du long terme et satisfaisant aux critères de la reproductibilité technique.

Nombre d'œuvres musicales faisant appel à des dispositifs technologiques pour leur représentation ne peuvent plus être jouées, et d'autres (comme Répons de Pierre Boulez) ont nécessité un effort de jouvence considérable et coûteux simplement pour survivre, les dispositifs technologiques initiaux n'étant plus disponibles en raison de l'évolution technologique. Ce problème, qui commence à être bien pris en compte en musique, se rencontre dans tous les secteurs artistiques. L'obsolescence technologique ne doit pas rendre l'œuvre périssable !

II. Connaissance des propriétés humaines

L'activité de création implique une interaction entre l'homme et ses outils. Mais si les outils matériels et conceptuels sont déterminants dans cette relation, les facultés humaines, anatomiques, sensori-motrices, cognitives, "périphériques" à la pensée qui se crée et se concrétise dans l'activité artistique, le sont également. Leur connaissance est une condition indispensable au développement des sciences et des technologies pour l'art.

II.1. Psychophysique (acoustique, visuelle)

Chaque modalité sensorielle est un champ d'étude en soi. La perception auditive appelle la psychoacoustique dont on connaît aujourd'hui la nécessité et les apports fondamentaux. La perception visuelle exige la même approche permettant d'explicitier les relations entre les paramètres objectifs des phénomènes visibles et les perceptions que le système visuel produit. Mais ces relations doivent être étudiées avec des objets visuels ou sonores suffisamment complexes pour présenter un intérêt artistique, et non pas dans un isolement sensoriel "de laboratoire", mais dans le cadre d'un contexte complexe, comme c'est le cas pour une œuvre d'art - et aussi d'ailleurs dans les conditions de la vie quotidienne.

II.2. Canal gestuel, multisensorialité, sensori-motricité

Trois champs fondamentaux d'étude émergent :

- Celui des **modalités haptiques et ergotiques**, liées au canal gestuel (la première correspond aux perceptions relatives au toucher, la seconde à celles des efforts physiques et musculaires développés dans l'interaction physique avec les objets instrumentaux).

Il convient de pousser la connaissance des fonctions du toucher et de la motricité, en jeu en particulier dans les interactions instrumentales (où l'homme interagit avec un objet matériel doté de propriétés physiques).

- Celui de **l'intersensorialité**, qui combine l'ensemble des modalités en un tout qui est plus que leur somme.

L'intersensorialité comporte plusieurs catégories de problèmes spécifiques à chaque couplage : synergies vision-audition, vision-toucher, audition-toucher ainsi qu'à la conjonction des trois sensorialités.

Ce point sera repris plus bas.

- Celui de la "**perception active**", ou sensori-motricité multisensorielle.

Cette dernière est le "grain fin" de l'interactivité. La technologie offrant des circonstances d'expérimentation radicalement nouvelles dans ce champ, il convient en effet d'étudier les processus de formation des représentations mentales en jeu lorsque l'action et la perception sont intimement liées.

Au dessus de ces aspects cognitifs relatifs à ce que l'on a appelé la représentation iconique, se pose le problème de l'articulation (de la cohabitation) de ces formes de représentation avec les représentations symboliques ou les autres formes de représentation en général, qui restent non seulement nécessaires, mais complémentaires.

On sait par exemple que la notation musicale proportionnelle et la notation symbolique habituelle ne cohabitent pas toujours facilement.

On constate une évolution (encore difficile à interpréter) du comportement de lecture et vis-à-vis de l'écrit en général chez les générations nées avec la télévision.

III. Questions spécifiques au réseau

Le développement du réseau de communication numérique à grande échelle produit une délocalisation des objets, non seulement par rapport à l'information qu'ils contiennent, mais également par rapport à leurs modes d'accès et même à leur mode de manifestation : une même entité peut par exemple être vue, entendue, touchée et manipulée dans plusieurs lieux en même temps, vue et entendue en un lieu tandis qu'elle est touchée et manipulée en un autre, etc.

Techniquement, quelles fonctionnalités et performances les dispositifs technologiques doivent-ils et peuvent-ils supporter, et comment doivent-ils ou peuvent-ils eux mêmes être distribués, répartis ?

Comment, par ailleurs, la perception, l'action, les composants de l'interactivité en général peuvent-ils se dissocier, se délocaliser, se réassocier ?

A un niveau plus global, comment le processus de création, d'action et de perception peut-il se développer dans cette "distribution"? Ce point touche également l'aspect complexe de l'articulation entre la créativité individuelle et la créativité collective.

IV. Création musicale

IV.1. Outils et environnements de création musicale

La création d'objets musicaux avec l'ordinateur fait intervenir trois catégories d'activités et de fonctionnalités : la création de modèles de production sonore, la production proprement dite de signaux sonores, la construction macrostructurelle du flux sonore.

Ces trois catégories d'activités résultent de la polarisation que l'on peut maintenir dans une certaine mesure entre d'un côté le matériau sonore, dont la production doit être techniquement possible, et de l'autre la construction en structures complexes du flux sonore. Bien qu'elles puissent être intimement imbriquées, chacune d'elle pose ses problèmes spécifiques.

IV.1.1. Modèles de production sonore

La production du matériau sonore répond à des contraintes générales indépendantes de tout choix de démarche ou d'esthétique. Il faut tout d'abord disposer d'un "modèle de production" du signal numérique.

Une grande part des recherches en informatique musicale pendant ses vingt premières années a été consacrée à la création de modèles de production : synthèse additive, soustractive, par distorsion non-linéaire, par fonctions d'ondes formantiques, par modulation de fréquence, par modèle physique, etc. Cet axe de recherche n'est pas clos, en particulier pour ce qui concerne les modèles physiques qui ont ouvert la voie à de nouveaux timbres difficiles à obtenir avec les procédés antérieurs.

La création d'un modèle de production n'est pas un simple problème technique. Elle sous-tend des choix de démarche et d'esthétique. En effet les modèles de production se caractérisent plus ou moins explicitement par la métaphore qu'ils mettent en jeu. Dans l'histoire de l'informatique musicale, on peut ainsi identifier deux métaphores distinctes et complémentaires correspondant respectivement à la synthèse dite par "modèles de signal" et la synthèse dite par "modèles physiques".

La confrontation de ces démarches, la compréhension de leurs spécificités respectives et leur coordination dans un même environnement de création pose encore des questions fondamentales.

IV.1.2. Contrôle de la synthèse et du traitement des sons musicaux

Quel que soit le modèle de production adopté, il partage les informations à fournir par l'artiste en deux catégories : celles qui déterminent le modèle et celles qui constituent la "commande" ou le "contrôle" du modèle. Une polarisation très forte apparaît ici autour de la relation temporelle entre les actions effectuées pour la commande et l'obtention du phénomène sonore. Lorsque cette relation est immédiate (temps-réel), la métaphore instrumentale est prédominante. On peut alors aborder cette question du contrôle selon deux angles différents : d'un premier point de vue, toutes métaphores confondues, en termes de contrôle de la synthèse et du traitement des sons musicaux, d'un second point de vue en fonction des catégories d'actions physiquement effectuées par l'artiste : geste direct sur dispositif instrumental, geste de commande abstrait, etc.

Il convient de développer la compréhension du contrôle des processus sonores et musicaux. Comme l'ont remarqué Patrick Greussay et Daniel Arfib, la recherche a porté plutôt sur le développement de processus nouveaux que sur la façon dont ils sont commandés dans une utilisation musicale expressive. Les outils de réalisation sonore informatiques se prêtent bien à l'étude des pratiques du créateur, puisque les protocoles qu'il met en œuvre lors d'une session de travail peuvent être enregistrés.

Ce contrôle ne doit pas se satisfaire des performances techniques mais intégrer la dimension expressive. Le contrôle dans la synthèse et le traitement des sons musicaux doit être soumis à des contraintes supplémentaires de sélection et viser l'optimum artistique. Il doit en outre être conçu pour des finalités productives et déboucher sur la création. Ce qui est théoriquement ou techniquement possible n'est pas nécessairement viable musicalement. Le contrôle de la synthèse et du traitement des sons musicaux vise trop la performance d'ingénierie et a tendance à reléguer au second plan l'objectif proprement musical, qui est considéré comme une retombée ou une sorte d'application pratique. En se prenant lui-même pour fin et en se fixant des objectifs exclusivement techniques et scientifiques, le contrôle dans la synthèse et le traitement des sons musicaux se coupe de la création musicale, ne se soucie pas de la finalité artistique productive et devient subrepticement un obstacle à la création.

IV.1.3. Le canal gestuel - le geste instrumental, sa capture, son traitement et sa représentation

Selon ce point de vue, c'est toute une modalité d'interaction qui est prise en considération et mise en jeu. Toute action de contrôle par le musicien est envisagée en fonction de l'implication gestuelle qu'elle nécessite obligatoirement, du simple signe effectué avec un marqueur ou capté par un dispositif distant au geste physique engageant la corporalité, comme dans le jeu instrumental. Les informations délivrées ont une "morphologie" dépendant de cet engagement corporel. Le problème du contrôle du son ou de son traitement apparaît alors comme la conjonction de deux aspects : celui des possibilités offertes par le modèle de production et celui des conditions d'exercice du jeu gestuel. Ces dernières constituent un domaine de recherche qui porte sur les dispositifs techniques permettant l'exercice et la capture du jeu instrumental et sur les propriétés anatomiques et sensori-motrices du système gestuel humain.

En ce qui concerne les dispositifs techniques, l'ordinateur permet l'ouverture d'une voie sans précédents : le contrôle par modèle numérique du comportement physique du dispositif manipulé. Cette branche de recherche, qui a été introduite en particulier par l'ACROE (4) à Grenoble, concerne la théorie et la technologie des systèmes dits "à retour d'effort". Elle constitue un domaine en fort développement aujourd'hui, en particulier aux Etats-Unis et au Canada, où les premiers travaux significatifs sont postérieurs à ceux de l'ACROE. C'est un domaine qui appelle de nombreuses études et expérimentations. Constituant une technologie émergente, il se prête aujourd'hui à la valorisation et à l'industrialisation, du fait de ses nombreuses applications artistiques et scientifiques.

Enfin, le phénomène gestuel étant ainsi capté acquiert le statut d'objet et peut alors se prêter à l'enregistrement, à la représentation et au traitement, de la même façon que les phénomènes sonores ou visuels.

IV.1.4. Construction et structuration du flux sonore

La troisième fonctionnalité correspond à la structuration du flux sonore à l'échelle macroscopique.

La même problématique se pose à une autre échelle : l'ordinateur peut être considéré comme un moyen de représentation dont la première fonction est de porter des modèles de

structuration. L'invention de ces modèles et leur confrontation avec des systèmes de référence de divers ordres constitue un axe de recherche.

IV.2. La recherche musicale, la musicologie et la modélisation

Hugues Dufourt

Les directions de recherche indiquées dans la suite sont essentielles à la définition des objectifs de recherche, de l'organisation du travail et des tâches de formation à la recherche des futurs laboratoires de recherche musicale. Elles indiquent les évolutions nécessaires et les secteurs que doit investir la recherche musicale. Elles préconisent la refonte des structures actuellement existantes de la recherche musicale qui, de plus en plus préoccupées de la scientificité et de la technicité des résultats, tend à perdre de vue l'objectif fondamental pour lequel elle a été créée : la mise au point de langages et de techniques de l'art, la conversion des ressources de la technologie en moyens de recherche pour l'art, le transfert et l'accommodation des connaissances scientifiques aux axes, notions et catégories de la recherche artistique. On notera à ce propos un déficit de la théorie musicale qui ne sait pas traduire les notions, les acquis et les attendus de la science en des termes théoriques et des contraintes techniques spécifiquement musicales et s'exprime dans le langage de la technologie, de la modélisation, des logiciels ou de la psychologie cognitive. Ce déficit de la théorie musicale et cet usage impropre de catégories d'emprunt crée un cercle vicieux qui ne permet pas à la recherche musicale de se constituer en tant que telle et de définir ses axes propres d'investigation. Ce déficit est la cause profonde d'une improductivité, en matière artistique, des unités vouées à la recherche musicale et oubliées des finalités productives de leur mission.

IV.2.1. Analyse génétique et analyse formalisée : l'accès multimédia aux archives de la création musicale contemporaine

Objectifs

Au delà de l'analyse critique et historique, la musicologie doit tirer toutes les conséquences théoriques et pratiques de l'originalité et de la puissance de connexion des réseaux proposés dans une médiathèque comme celle de l'Ircam. Notamment :

- de l'impact de la mise en réseau, de l'introduction de liens hypermédia dans l'accès aux documents musicaux ;
- de l'utilisation d'outils de création musicale pour la consultation et l'analyse des matériaux musicaux (sonores ou symboliques) ;
- des travaux musicologiques inspirés par la génétique textuelle.

Exploitation de la mise en réseau

Il convient d'organiser l'accès en réseau aux archives de la création musicale contemporaine avec des liens hypermedia appropriés.

Connexions hypertexte

On prendra l'exemple de la Médiathèque de l'Ircam, qui rassemble des fonds de texte, image, son, vidéo et cédérom. Sous la direction de Michel Fingerhut, des technologies hypertextuelles y ont été mises en œuvre, qui permettent de lier à volonté des segments de textes ou d'images à des éléments - textuels, sonores, visuels ou vidéos- d'autres documents. Ces liens permettent une "navigation" bien plus riche que la consultation séquentielle habituelle.

Il faut donc développer des méthodes pour repérer des extraits significatifs et établir des liens hypertextes avec d'autres extraits, en vue de l'usager de médiathèques et notamment dans la perspective d'une analyse à la fois génétique et structurelle de l'œuvre musicale.

Outils de consultation et d'analyse

Il faudrait développer des outils performants pour la consultation et l'analyse des matériaux musicaux (sonores ou symboliques) dans une médiathèque accessible en réseau, de façon à exploiter les fonds à diverses fins.

Il faut noter que les outils de réalisation musicale peuvent rendre de grands services de ce point de vue: ils n'ont guère jusqu'ici été exploités ou adaptés pour la consultation et l'analyse. On peut envisager de les utiliser pour des fonctions très diverses.

Les développements ci-dessus concernent nombre d'institutions, notamment les bibliothèques, centres de documentation (CDMC), éditeurs, compositeurs, enseignants, chercheurs, journalistes de divers médias. Ils supposent les prestations de fournisseurs d'accès et de données. Des partenariats sont donc envisageables.

IV.2.2. Vers une génétique musicale

Développement d'une analyse formalisée inspirée de la génétique textuelle ; archivage musicologique assisté par ordinateur.

Analyse génétique et musicologie

L'analyse génétique et ses applications à l'édition se développent vigoureusement en littérature (cf. les travaux de l'Institut des Textes et Manuscrits Modernes, unité propre CNRS qui est mentionnée dans le repérage des ressources). En revanche, très peu d'efforts ont été effectués en musique dans ce domaine, comme l'a remarqué Peter Szendy, qui présente des propositions pour le développer avec un corpus contemporain: or le multimédia s'y prête très bien.

Le but visé est la mise en œuvre d'un nouveau type d'écoute musicologique assistée par ordinateur. A l'instar des postes de lecture assistée par ordinateur, un poste de lecture musicologique de ce type trouverait naturellement sa place au sein d'une médiathèque; il permettra d'intéressantes expériences d'écoute mettant en relation une version finale avec un ensemble d'esquisses.

Développement d'une analyse formalisée inspirée de la génétique textuelle: modélisation génétique réversible

Le compositeur utilisant l'informatique a recours à des modèles, que ce soit pour ses matériaux sonores ou ses structures. Comme l'a remarqué Patrick Greussay, il est possible d'enregistrer les protocoles d'expérimentation sur les modèles que le musicien utilise comme travail précompositionnel. Si l'informatique est utilisée de façon intensive dans le travail du compositeur, ces protocoles permettent à l'analyste de reconstituer les formalismes et les expériences dont est issue la composition finale.

Suivant les termes de Peter Szendy, "entre production et analyse par resynthèse, le modèle est réversible. Il est génétique dans le sens où il capitalise non pas les objets intermédiaires de la création musicale, mais les programmes qui les reconstituent et les mettent en relation. À un plus haut niveau, les outils génériques de construction de modèles que sont les langages ou environnements informatiques destinés au compositeur peuvent naturellement être retournés vers l'analyse selon le schéma *hypothèse-modèle-simulation-validation*, bien connu des scientifiques et pouvant s'appliquer à des œuvres ou à des compositeurs totalement étrangers à l'ordinateur".

IV.2.3. L'outil multimédia comme renouvellement des sciences de l'art : l'archivage musicologique assisté par ordinateur

L'outil multimédia se distingue par des apports spécifiques : documents de genèse - programmes, procédés informatiques d'élaboration du matériau (matériau sonore et composition assistée par ordinateur), documents d'archives - on dispose d'archives qui ont fixé, dans le cadre d'œuvres mixtes, les premières formes d'interaction entre le geste instrumental et sa reprise ou sa reformulation par la machine. Ces documents attestent également de la multiplicité des liens qui s'instituent entre l'intention musicale et la technique. L'intention musicale est parfois réduite par les contraintes de la machine, elle est parfois démultipliée par les capacités de différenciation catégorielle et opératoire de la machine. On retrouve au plan de la création une problématique qui se pose également à l'occasion de la mise en forme des documents de genèse : il s'agit du rapport constant et mal élucidé de l'implicite et de l'explicite.

En effet, le compositeur propose des formulations concrètes, souvent riches d'analogies, qui procèdent de l'imagination intellectuelle. Cette forme de compréhension intuitive se heurte à la pluralité même des formes techniques et symboliques qu'il doit mettre en œuvre. Il serait trop simple de s'en tenir à la critique d'un formalisme qui substituerait à la pensée vivante un jeu mécanique de symboles. En fait, il n'y a d'invention véritable et partant, de création musicale, qu'à partir du moment où le pouvoir de l'idée se conjugue à la fonction des instruments symboliques ou techniques dont la pensée dispose. L'innovation musicale s'exerce prospectivement, par une mise à l'essai de nouvelles formulations ; l'idée progresse selon les orientations que dessinent les structures symboliques et techniques. L'intelligence humaine s'intercale entre le domaine des intuitions non formulables et les intentions qui s'effectuent selon des procédés opératoires. L'existence des instruments contribue à orienter la pensée. Cette situation intermédiaire de la pensée inventive la place devant des exigences antagonistes: le langage musical, en se formalisant, perd quelque chose de sa puissance de suggestion et de sa richesse analogique. Car le sens précède et déborde les effectuations du langage technique. À l'inverse, il arrive que la pensée musicale confrontée aux langages symboliques voie ses possibilités démultipliées et qu'elle bénéficie des fonctions d'organisation et de différenciation propres aux structures symboliques. Les langages symboliques permettent de mettre à jour des disponibilités non utilisées, latentes dans la

pratique des compositeurs. L'opération symbolique propose une évaluation plus précise des conditions de la formalisation des champs opératoires. La machine n'élimine pas la subjectivité, mais elle en transforme le sens. La subjectivité, face aux moyens informatiques, ne s'érige plus en conscience constituante. Elle procède plutôt à des recouvrements ou des débordements mutuels entre ce qui relève des médiations et ce qui appartient à l'ordre de la globalité ou de l'immédiat. Les différentes composantes de l'ordre et du sens trouvent leur équilibre dans une situation inter-modale.

L'une des finalités de l'outil multimédia est de constituer une technique automatisée d'archivage des procédures compositionnelles. Il s'agit de relever systématiquement, dans le parcours génétique d'une œuvre, l'ensemble des stratégies opératoires ou référentielles qui appellent une codification logique. Le but est de mieux comprendre le mécanisme de la création proprement dite, qui consiste la plupart du temps dans une transgression du sens vis à vis des codes. L'extension de la sémantique hors de la sphère de la logique oblige à une reprise des catégories syntaxiques, sémantiques et pragmatiques. La science de l'art que permet l'ordinateur consiste précisément à réévaluer constamment l'économie des instances syntaxiques pragmatiques et sémantiques. Le but ultime de la musicologie, en ce domaine, est ainsi de parvenir à une sorte de témoignage automatisé de l'œuvre en train de se faire : un témoignage qui permettra l'évaluation critique. La nouvelle science de l'art doit tendre à un archivage musicologique assisté par ordinateur.

IV.2.4. Modélisation et création : l'articulation de l'art et de la recherche

L'informatique et la musique sur ordinateur entretiennent des rapports divers. La relation de l'art à la science est celle du modèle à la théorie. La création musicale sur ordinateur fournit un champ d'épreuves aux avancées théoriques de l'intelligence artificielle, notamment en ce qui concerne la représentation des connaissances ou des relations, la modélisation du raisonnement humain ou la détermination des stratégies de comportement. Mais la composition assistée par ordinateur ne se borne pas à servir de dispositif opératoire dans l'application d'un objectif théorique. La modélisation remplit une fonction théorique propre. Elle apporte à la théorie un surcroît d'intelligibilité en lui procurant de nouveaux moyens de pensée. La création artistique remplit donc vis-à-vis de la science une fonction rationnelle particulière. Elle permet d'étendre les conclusions que l'on peut tirer des prémisses, d'élargir à des propositions nouvelles les formules fonctionnelles de la théorie. La transcription sémantique d'un formalisme implique la conquête de nouveaux référentiels et joue par là même un rôle prospectif. La mise à l'épreuve d'un procédé constructif retentit sur la part interne des significations pensées par la théorie. L'ajustement des expressions théoriques aux modèles ne relève pas d'un simple exercice de validation. Elle inclut, dans la nature même de son opération, une dimension heuristique. Par delà l'épreuve de cohérence, la modélisation s'institue en épreuve d'effectivité. A ce titre, le modèle sollicite de nouvelles interprétations et déborde le cadre conventionnel qu'on lui assigne d'ordinaire et qui le restreint à actualiser les référentiels de la théorie. La démarche créatrice de l'informatique musicale étend les procédés de l'informatique générale; loin de représenter une application circonstancielle, elle expose les catégories implicites sous le régime desquelles elle opère. La musique sur ordinateur n'est pas un appendice de l'informatique mais sa pointe extrême : dans l'activité de modélisation de la science, elle se situe au point de concours de la référence et de la caractérisation. Elle intervient dans la formation des structures signifiantes.

De ces considérations résultent quelques points essentiels :

1) L'institution des modèles déborde le champ de l'application algorithmique ainsi que celui des clauses logiques ou sémantiques. Elle fait appel à des catégories opératoires, à des motivations pragmatiques, à un ensemble de raisons que l'on peut qualifier de " fonctionnelles " .

2) Les modèles introduits pour des raisons logiques de validation ne sont pas les plus intéressants. Le modèle le plus significatif est celui qui apparaît lors de la rencontre de la théorie avec des domaines nouveaux d'objectivité. Un bon modèle dispose d'une consistance propre qui prend en compte les caractéristiques particulières et extra-logiques de son objet.

3) D'où la complexité des instances de modélisation. D'une part, la modélisation résulte de l'application de la syntaxe d'une langue formalisée aux propriétés principales des structures d'objet. D'autre part, la modélisation prend en compte une part d'imprévisibilité due aux particularités de l'objet, à sa résistance à la formalisation, ou contraire à la nécessité de compléter ou de compliquer les textures formelles. Le modèle répond à la fois à l'énoncé théorique d'un degré défini de généralité et à une formulation pragmatique qui comprend des composantes référentielles et des motifs opératoires.

4) Le modèle exerce un pouvoir de structuration, il désigne une réalité technique de la science qui joue le rôle de structure constituante. La fonction de modélisation est foncièrement prospective. C'est précisément sur cette fonction prospective que s'appuie le compositeur pour créer. Le compositeur s'empare des systèmes formels à plusieurs niveaux de régulation et joue sur les échanges entre valeurs sémantiques et pragmatiques, sur les convergences ou divergences entre schème référentiel et schème opératoire. Si la spécificité de l'informatique musicale par rapport à l'informatique générale s'institue d'abord dans le registre de la science, elle s'impose également dans le domaine de l'art. La norme esthétique ne consiste pas en effet à se conformer aux catégories de la détermination objective. Discipline rationnelle, la musique sur ordinateur ne se borne pas pour autant à la stricte mise en œuvre de schèmes proposés par la science; elle ne se déploie pas davantage dans le domaine de la pure idéalité des formes. L'art n'a pas pour fonction de connaître ni de produire, mais de signifier et de donner à la conscience culturelle le sens affiné de ses possibilités.

5) La modélisation se situe à plusieurs niveaux :

- modélisation perceptive. Les schémas qui permettent à l'oreille (au cerveau) d'organiser son appréhension du signal peuvent être étudiés suivant des méthodes de psychologie expérimentale, qui doivent être aménagés pour tenir compte des spécificités musicales. C'est ainsi que les tests statistiques sur des échantillons d'auditeurs risquent d'effacer certains angles significatifs. Le contexte est essentiel, que ce soit pour la perception du timbre ou de structures à un niveau supérieur. C'est l'analyse par synthèse qui a permis de comprendre les paramètres qui contrôlent l'organisation perceptive du successif et du simultané. A partir de là, le contrôle de certains paramètres sonores peut permettre d'agir sur l'organisation auditive et, partant, sur les structures musicales perçues.

- modélisation sonore: modèles de synthèse pour les sons calculés numériquement, modélisation des mécanismes acoustiques pour les sons d'origine acoustique, effets sonores numériques (réverbération, filtrage, synthèse croisée) et effets d'acoustique des salles. L'informatique musicale est à l'origine de plusieurs développements de traitement du signal; elle favorise les processus qui s'accordent bien avec l'audition, par exemple ceux qui permettent de suivre l'évolution du son par une suite de spectres à court terme. Diverses méthodes d'analyse-synthèse permettent des modifications intimes (ralentissement sans

transposition, hybridation de deux sons). La synthèse par modèle physique réunit synthèse et acoustique: elle permet de simuler la genèse mécanique du son et aussi le geste instrumental.

- modélisation des structures musicales. Des éléments musicaux choisis sont représentés par un répertoire symbolique. Un modèle de composition assemble les symboles suivant certaines règles qui conduisent à des fragments musicaux. Les règles peuvent être de nature algorithmique (contraintes statistiques; méthodes permutationnelles; méthodes génératives par prolongation d'un noyau) ou prescriptives (leur mise en œuvre fait alors appel à la programmation logique). Les relations établies entre les modèles sonores et les modèles de structures musicales sont encore très lâches.

6 - La recherche musicale entre modélisation et création. On ne peut se satisfaire de la définition de la recherche musicale par la modélisation. Si la modélisation est un outil et une technique de pensée, si elle permet de convertir un ordre de représentations ou de prescriptions en un autre, elle ne suffit pas à définir ce qu'est une recherche musicale. A moins d'adopter un point de vue nominaliste ou scientiste, on ne peut réduire la recherche musicale à une recherche en modélisation. Le but de la recherche musicale est de fournir à terme des outils et des langages pour la création. On voit se dessiner, en aval de cette recherche, un large secteur de " productivité musicale " qui constitue le levier de l'industrie culturelle et qu'on ne peut pas qualifier pour autant de création. Ce secteur productif comprend les retombées et applications de la recherche, la musique de film et de variétés avec ses effets spéciaux et son langage propre. Ce secteur productif qui existe déjà et qui est doué d'une grande vitalité n'est pas pour autant identifié comme un domaine constitué ni considéré dans les problèmes spécifiques qu'il pose. C'est à une sociologie d'un nouveau type de communication qu'il faudrait procéder afin de comprendre comment une matrice socio-culturelle se convertit en un langage de l'art. Bien souvent la création proprement dite ne fait qu'amplifier, traduire et formuler un mouvement issu des profondeurs. La recherche musicale ne peut donc se couper des sciences humaines et c'est en raison d'une compréhension insuffisante de ce qu'apportent les sciences humaines qu'elle piétine dans des protocoles logico-techniques. La recherche musicale tournée vers la création doit prendre en compte la spécificité du domaine que l'on qualifie trop globalement aujourd'hui d'industrie culturelle. Ainsi la recherche musicale se distingue-t-elle de la recherche en modélisation, qui est du ressort des sciences pour l'ingénieur, et inclut-elle une modélisation pour la production qui relève d'un domaine commun aux sciences pour l'ingénieur et aux sciences humaines. Elle comprend en outre une modélisation en sciences humaines qui doit thématiser la productivité musicale dans le secteur des industries culturelles. Elle intègre enfin le domaine de la modélisation qui se situe à la frontière de l'industrie culturelle et de la création artistique proprement dite et qui nécessite une claire articulation entre les sciences humaines et les sciences pour l'ingénieur.

Autres directions de recherche :

- Portabilité des œuvres dans le cas de la musique interactive.
- Latitude de contrôle sonore dans la musique interactive.
- Musique interactive: composition ou interprétation?
- La notion d'instrument garde-t-elle un sens pour le son numérique?
- Relations entre musique interactive et multimédia interactif.
- Redéfinir le métier du musicien aujourd'hui.
- Nouvelles catégories art-science-technologie.

V. Arts visuels et corporels

Annie Luciani

On se reportera également à la section "Thèmes de recherche" dans "[Stratégies scientifiques et thèmes d'étude dans le domaine des arts visuels](#)".

Sans pouvoir être exhaustif, cinq notions nous semblent essentielles pour le développement actuel de la recherche en arts visuels :

1. **Dépasser l'idéologie du transfert** entre la technologie scientifique et l'application artistique (développement de nouveaux modèles et de nouveaux logiciels d'analyse et de synthèse en imagerie).
2. **Développer la transversalité** aussi bien en arts visuels (arts plastiques, arts interactifs, cinéma, jeux...), qu'entre les arts eux-mêmes (image et danse, image et musique, corps-image-musique, image et théâtre...).
3. **Développer les technologies de l'interactivité** (introduction de l'instrumentalité dans les arts visuels numériques, notion de "performances" en arts visuels...) et de l'intercommunication (travail coopératif à distance, productions-diffusions délocalisées...).
4. Pousser le plus loin possible l'intervention sensible de l'artiste par **l'augmentation de la "sensorialité"** des outils de conception et de production en développant les interactions sensorielles et la transmission d'informations sensibles et sensibles.
5. Dépasser la fracture entre le **niveau des constituants** visuels d'une image (couleurs, lumières, mouvements locaux) et **la macrostructure d'une œuvre** (compositions, allures, scénarios...).

Une explicitation des directions de recherche à développer ou à amorcer, en synergie avec les autres acteurs et travaux scientifiques et technologiques de l'imagerie, est effectuée en 10 points dans la section "Stratégies Scientifiques et Thèmes d'étude dans le domaine des arts visuels". Nous rappelons les points essentiels :

- Pousser au développement de procédés, modèles et méthodes d'analyse et de synthèse numériques d'effets visuels qui correspondent aux centres d'intérêts directs de l'activité artistique et qui prennent en compte les expressions immédiates des besoins, même lorsqu'elles nécessitent des recherches à long terme.
 - Conception de nouveaux algorithmes de synthèse s'attachant à des formes, des matériaux, des lumières et des dynamiques que ne traitent pas encore, ou ne traitent pas prioritairement, les algorithmes de synthèse d'images tournés vers d'autres applications.
 - Développement de l'analyse d'images artistiques par le développement de nouvelles méthodes d'analyse et de nouveaux capteurs adaptés à la complexité et à la multidimensionnalité des images artistiques.

- Proposer des architectures et concepts d'outils adaptés à l'activité artistique. Pousser à l'analyse des besoins et des processus de création. Permettre l'émergence d'idées nouvelles en matière d'outils matériels et logiciels de création.
 - Conception d'architectures pour logiciels tournés vers le temps réel.
 - Conception d'interfaces-utilisateurs tournées vers la conception artistique.
 - Développements de transducteurs visuels prenant en compte les exigences et la qualité artistique (dépasser la qualité "vignettes interactives").

- Dans la suite du développement de l'interdisciplinarité scientifique et dans la mesure où les catégories artistiques elles mêmes évoluent sous l'impulsion des possibilités technologiques nouvelles, développer la transversalité aussi bien en arts visuels qu'entre les arts eux-mêmes, et œuvrer à l'émergence de connaissances et de pratiques artistiques transdisciplinaires et intersensorielles.
 - Développer des analyses portant sur l'intermodalité dans les arts visuels (relation entre les divers attributs sensibles de l'image: formes et mouvements, couleurs et formes, couleurs et mouvements).
 - Développer des analyses portant sur l'intersensorialité et la transsensorialité : geste et son, geste et image, image et son, proprioception et organisation spatio-temporelle...
 - Développer des expériences, voire des réalisations technologiques, multisensorielles (logiciels image et son, logiciels gestes et sons, logiciels gestes et image...

- Dépasser les pratiques conceptuelles et purement formelles par le développement de technologies de l'interactivité (introduction de l'instrumentalité dans les arts visuels numériques, notion de "performances" en arts visuels...) et de l'intercommunication (travail coopératif à distance, diffusions délocalisées...).
 - Analyse du geste artistique ou geste d'excellence.
 - Conception et réalisation de périphériques gestuels adaptés au geste d'excellence.
 - Transmission, partage et stockage de données corporelles à format variables et à structures reconfigurables (plasticité structurelle du geste)
 - Transmission, partage et stockage de données multisensorielles (peinture, sculpture et animation en réseau...).
 - avatars virtuels...

- A l'instar de la psychoacoustique musicale, développer une psychophysique artistique visuelle (formes, lumière, couleurs, mouvements) et corporelle (psychophysique des gestes graphiques, des gestes dansés, des gestes du marionnettiste...) liée à la perception et à la production de phénomènes sensés et sensibles, a priori différente d'une psychophysique et d'une biomécanique de base.
 - Psychophysique des formes, lumières, couleurs, mouvements.
 - Psychophysique des gestes graphiques, des gestes dansés, des gestes du marionnettiste...

- Développer une recherche en profondeur sur l'analyse et la production de macro-structures artistiques en liaison avec l'analyse des formes artistiques, les procédés de conception et d'écriture et les méthodes de production des constituants visuels de ces formes.

- Composition spatiale, composition temporelle.
- Incidence sur les méthodologies de production (y compris dans la production de masse).
- Intégration des procédés de composition et d'écriture dans les logiciels de base.

VI. Etude des synergies multisensorielles : image et son, geste et son, geste et image, geste-image et son

Annie Luciani

Ce domaine est fondamental pour le multimédia, et au delà du multimédia le "multisensoriel". Un exemple de multisensoriel est celui développé dans la notion d'avatar virtuel (corporel et parlant)

Ce domaine est presque inexploré aussi bien sur le plan de la recherche scientifique que sur celui de la recherche artistique.

Le compositeur et cinéaste Michel Fano tente d'impulser ce domaine ; il a effectué avec Cavé et Racot des études exploratoires sur la perception de simultanéité son-image.

Du point de vue de la recherche scientifique, les recherches en psychophysique et en psychologie expérimentale sur l'intersensorialité (études des boucles sensori-motrices geste-audition, geste-vision) et la fusion intersensorielle (étude des influences d'une modalité sensorielle sur une autre) sont une amorce à ce type de questions et commencent à prendre de l'ampleur. Mais elles sont insuffisantes pour avancer dans la question de la multisensorialité artistique car elles s'attachent à l'étude de phénomènes intersensoriels trop élémentaires (cf. la différence entre la psychoacoustique et la psychoacoustique musicale, la biomécanique des gestes courants et celles des gestes musicaux ou des gestes dansés).

Du point de vue artistique, les études dans ce domaine n'ont au plus porté que sur certains cas de fusion intersensorielle images et sons (par exemple dans le cinéma ou certains opéra contemporains).

-> Il faut pousser au développement d'une psychophysique artistique (formes visuelles et sonores, dynamiques corporelles et motrices, mouvements) liée à la perception de phénomènes sensés et sensibles, a priori multisensoriels.

VII. Nouvelles formes artistiques intégrant les différents médias et les réseaux de télécommunications

Ce domaine commence à exister du point de vue artistique - il reste difficile à repérer.

Il faut noter l'activité sur l'art en réseaux du CRIM de Nice (Michel Redolfi, Luc Martinez).

Jean-Baptiste Barrière et Maurice Benayoun, acteurs dans le domaine du multimédia, proposent un projet - "Sémaphore" - qui aiderait en particulier à diffuser les réalisations.

Deux changements profonds conduisent à ouvrir aujourd'hui les catégories artistiques traditionnellement cloisonnées et à faire émerger des formes artistiques nouvelles :

- le multimédia et plus généralement la prise en compte de la multisensorialité. Le phénomène n'est pas à proprement parler nouveau (cf l'opéra et le cinéma, par exemple ou même les poèmes graphiques), mais il fait l'objet, sous l'impulsion des mutations technologiques, de changements quantitatifs et qualitatifs;
- le développement de la communication médiatisée.

Des pièces contemporaines, également appelées "opéras", incluent prestations théâtrales, chant et installations orchestrales ou sonores en direct, images et/ou sons de synthèses, contrôlés ou non en direct par les instrumentistes, les chanteurs ou les acteurs.

De la même façon, des spectacles dansés en réseau incluent l'image en tant que telle, numérique ou non, de synthèse ou non, produite ou diffusée localement ou à distance.

Il en est de même des installations interactives qui bouleversent les catégories intérieures au domaine des Arts plastiques : déambulateurs, installations immergées du type "cave", espaces organiques modifiables...

Plus banalement, les avatars des jeux électroniques, dont il est prévu qu'ils se diversifient et envahissent nos outils de consultation et de communication à distance, sont des clones parlant, bougeant, dansant, dans des univers virtuels visibles, tactiles et audibles, et manipulant objets virtuels et bases d'informations.

En ce qui concerne la multimodalité sensorielle :

Si nous ne pouvons apprécier à ce jour leurs retombées réelles en matière artistique, il n'en reste pas moins que ces nouvelles formes sont un vecteur considérable de connaissances nouvelles, par exemple :

- connaissance des fonctionnements intersensoriels;
- connaissance des modes de représentations et de conception artistiques;
- connaissance des modalités de mémorisation et de d'apprentissage.

De récents travaux en psychophysique intersensorielle tendent à montrer que les catégories classiques observables immédiatement (tels que les "auditifs" ou les "visuels") sont plutôt des "styles" susceptibles donc de variabilité et qu'il existerait de plus un style nouveau, les "proprioceptifs", au côté des styles "classiques" visuels et auditifs. Encore faut-il régler la question des connaissances des représentations mentales et des fusions intersensorielles.

Ces formes nouvelles apportent également une stimulation des imaginations et des pratiques artistiques, car il est possible que la catégorisation monomodale de nos imaginations et nos compétences en termes par exemple d'auditives ou de visuelles soit fortement liée au poids de l'histoire. Si tel est le cas, de nouveaux artistes et de nouvelles personnalités pourraient ainsi naître et naîtront sans doute.

En ce qui concerne la communication médiatisée ;

Nous ne pouvons pas non plus prédire l'ampleur de son influence sur l'activité artistique. Elle bouleverse déjà la diffusion des œuvres et ses modalités sociales de production et de protection (droits d'auteurs...).

Elle touche de plus à des questions fondamentales pour la création artistique, celles de l'ubiquité et de la modifiabilité.

Mais surtout, plus fondamentalement, l'activité artistique ne peut rester indifférente à l'une de ses questions cruciales : la proximité. Là encore, la communication médiatisée doit être vue comme stimulant connaissances et pratiques.

La dualité simple entre "tout près" (toucher et proprioception) et "loin" (extéroception : voir et entendre) éclate, nous obligeant à structurer *notre espace matériel et symbolique* en "plus ou moins proche", "plus ou moins lointain".

Ainsi, le toucher proprioceptif d'objets virtuels étend (sans la contredire) notre zone de proximité matérielle aux limites extrêmes de réactivité ultra-rapide des communications numériques; la modification rapide interactive d'objets virtuels crée une zone de méso-proximité correspondant à une sorte de "corps psychologique"; et la communication médiatisée d'informations et de connaissances étend encore au delà. On voit de plus dans cet exemple à quel point temps, espace et structures s'imbriquent, changeant malignement leurs rôles en permanence.

Les expériences d'artistes de "toucher ou de sentir corporel à distance(s)", "de peindre à distance(s)", "de danser ensemble à distance(s)",... peuvent à ce jour être considérées comme étranges et frustes, mais également toniques et peut-être prémonitoires.

VIII. Applications extra-artistiques

1 - Développer, en relation avec la création et l'analyse musicale, **les possibilités "d'auralisation"** de divers phénomènes - par exemple mathématiques. On peut faire entendre certaines structures mathématiques en les transposant dans le domaine sonore (par exemple on peut "écouter" les polynômes de Tchebitcheff au travers de la distorsion non-linéaire). A l'instar de la représentation graphique, on peut espérer que cette auralisation, faisant intervenir l'intelligence des mécanismes de perception auditive, permettra de rendre manifestes certaines propriétés

Il existe déjà certaines initiatives dans ce domaine (International Conference on Auditory Display, <http://www.santafe.edu/~icad/>): mais elles ne paraissent pas concerner la recherche française.

2 - Développer **la signalétique sonore** en relation avec les recherches sur les sons, leur fusion ou leur dissocation par l'oreille, et les points de repère musicaux.

3 - Mettre en relation **le champ du geste d'excellence** en art avec l'ergonomie et l'étude des pratiques sportives.

Une compagnie de robotique mettant en œuvre aux Etats-Unis des dispositifs d'aide aux paraplégiques a collaboré avec une compagnie de danse pour rendre les gestes de ces automates plus harmonieux. Un interprète qui déchiffre bien réalise un exploit ergonomique. On peut étudier les procédés mis en œuvre - notamment la notation musicale, qui est à la fois analogique - on voit d'un coup d'œil le dessin général - et numérique - on est

prémuni contre les dérapages. On peut envisager de transposer ces capacités en codant musicalement des instructions pour un processus de contrôle non musical - lumière, robots....

4 - Utiliser les connaissances sur les canaux sensori-moteurs humains et sur la technologie des interfaces pour **compenser ou atténuer les déficiences** chez les personnes ayant un handicap sensoriel ou moteur.

Jean Schmutz et Jean Haury, à Marseille et Paris, ont développé des systèmes utilisant des interfaces gestuelles et des systèmes de synthèse sonore pour permettre à des handicapés moteurs d'exécuter en groupe des pièces musicales. Une partie des informations est préalablement enregistrée, une autre est fournie par des dispositifs de contrôle spécialement étudiés et adaptés aux possibilités motrices de chaque personne.

Bibliographie (Musique)

Hugues Dufourt, Jean-Claude Risset, Claude Cadoz

Informatique musicale

- Barrière (J.B.) (1991). (Coordinateur), "Le timbre, métaphore pour la composition". C. Bourgois/IRCAM, Paris.
- Battier (M.) (1978). "Musique et Informatique : une bibliographie indexée", Ivry-sur-Seine : Elmeratto, Centre National de la Recherche Scientifique, 1978, 178 p.
- Cadoz (C.) (1988). "Informatique et Outil de Création Musicale", Revue Marsyas N°7. Institut de Pédagogie Musicale et Chorégraphique - la Villette, pp. 18-29. Paris 1988.
- Cadoz (C.) (1991). "Timbre et Causalité", In Le timbre, métaphore pour la composition (Barrière J.B.), Paris, Christian Bourgois 1991.
- Cadoz (C.), Florens (J.L.) (1978). "Fondements d'une démarche de recherche informatique/musique", Revue d'Acoustique N°45, pp. 86-101. Paris 1978.
- Chemillier (M.), Pachet (F.), ed. (1998). Recherches et applications en informatique musicale. Hermès, Paris.
- De Poli (G.), Irone (L.) & Vidolin (A.) (1990). Music score interpretation using a multilevel knowledge base. Interface, vol. 19, n° 2-3 (issue on Artificial Intelligence and Music), pp. 137-146.
- D. Deutsch, ed. (1981). The Psychology of Music. Academic Press.
- Dodge (C.), Jerse (A.) (1985/1997). "Computer music : synthesis, composition and performance", New York : Schirmer Books, 1985/1997.
- Lincoln (B.)(ed) (1970). "The Computer and Music" Ithaca, New-York : Cornell University Press, 1970.
- Mathews (M.V.) (1961). " An Acoustic Compiler for Music and Psychological Stimuli ". Bell System Technical Journal, vol. 40, 679-694.
- Mathews (M.V.) (1963). " The Digital Computer as a Musical Instrument ". Science, vol.142, 553-557.
- Mathews (M.V.) (1969). The Technology of Computer Music. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- Mathews (M.V.), Pierce (J.R.) (éds) (1989). "Current Directions in Computer Music Research", Cambridge, Mass., MIT Press, 1989 (avec un CD d'exemples sonores).
- Mathews (M.V.), Risset (J.C.), Moore (F.) (1974). "Computers and Future Music" - Science Vol.183 n°4122 - 1974.
- Moore (F.R.). (1990). "Elements of Computer Music" Englewoods Cliff (New Jersey) : Prentice-Hall, 1990, 560 p.
- Moorer (J.A.) (1978). "How does a computer make music ?" - Computer Music Journal 2 n°1 , 32-37.
- Risset (J.C.) / Ruschkowski (A.) (1994). " Sculpting sounds with computers : music, science, technology ". Leonardo, vol. 27, 257-261.
- Risset (J.C.) (1995). " Aujourd'hui, le son musical se calcule ". In Mathématiques et Art (sous la direction de Maurice Loi), Hermann, Paris, 211-233.
- Risset (J.C.) (1996). " Comments on Passages " (en anglais et en allemand), in Nähe und Distanz - Nachgedachte Musik der Gegenwart (Wolfgang Gratzer, Hrsg.), Volke Verlag, Hofheim, pp. 59-78 / 79-92.

- Risset (J.C.) (1996). "Realworld Sounds and Simulacra in my Computer Music". Article avec exemples sonores. In *Contemporary Music Review* 15, special issue "A poetry of reality - composing with recorded sounds", Katherine Norman, ed., 29-47.
- Roads (C.) (ed) (1989). "The music machine". Cambridge, Mass. : The MIT Press.
- Roads (C.) (1996). *The computer music tutorial*. Cambridge, Mass. : The MIT Press.
- Rowe (R.) (1992). *Interactive Music Systems*. Cambridge, Mass. : The MIT Press. (avec un CD-ROM de programmes et d'exemples sonores).
- Strawn (J.) and Roads (C.) (eds) (1970). "Foundations of Computer Music", Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1970, 712 p.

Synthèse numérique du son et traitement du signal

- Arfib, D (1979). Digital synthesis of complex spectra by means of multiplication of non-linear distorted sine waves. *Journal of the Audio Engineering Society*, 1979, 27, 757-768.
- Arfib (D.) (1991). "Analysis, transformation, and resynthesis of musical sounds with the help of a time-frequency representation". In G. de Poli, A. Piccialli & C. Roads, editors, *The representation of musical sounds*, M.I.T Press, 87-118.
- Cadoz (C.) (1979). "Synthèse sonore par simulation de mécanismes vibratoires", Thèse de Docteur Ingénieur, Spécialité Electronique - I.N.P.G., Grenoble.
- Cadoz (C.) (1994). "Simuler pour connaître, Connaître pour simuler", Collection "Recherche Musique et Danse", Actes du colloque "Modèle physique, création musicale et ordinateur", organisé par l'ACROE Grenoble 1990, Ed. Maison des Sciences de l'Homme, Paris.
- Cadoz (C.), A. Luciani, Florens (J.L.) (1981). "Synthèse musicale par simulation des mécanismes instrumentaux. Transducteurs Gestuels Rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental", *Revue d'Acoustique* N° 59, pp. 279-292.
- Cadoz (C.), A. Luciani, Florens (J.L.) (1984). "Responsive Input Devices and Sound Synthesis by Simulation of Instrumental Mechanisms : The Cordis System - *Computer Music Journal*, 8, N°3, pp. 60-73. M.I.T. Press, Cambridge Mass.
- Chowning (J.) (1971). "The simulation of moving sound sources". *Journal of the Audio Engineering Society*, vol.19, pp. 2-6.
- Chowning (J.) (1973). "The synthesis of audio spectra by means of frequency modulation". *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 21, n° 7, 526-534.
- De Poli (G.) (1983). "A tutorial on digital sound synthesis techniques" - *Computer Music Journal* Vol.7 n°4 (8-26)- 1983.
- De Poli (G.), Piccialli (A.), and Roads (C.) (1991). "Representations of Musical Signals", Cambridge, Mass. : The MIT Press.
- Depalle (P.) (1991). "Analyse, modélisation et synthèse des sons fondées sur le modèle source/filtre", thèse de doctorat de l'Université du Maine, Le Mans.
- Dolson (M.) (1986). "The Phase Vocoder : A Tutorial" - *CMJ* Vol.10 n°4 (14-27) - 1986.
- Jones, Parks : Generation & combination of grains for music synthesis - *Computer Music Journal*, vol.12 n°2 - 1988.
- Karplus, Strong (1983). "Digital synthesis of plucked string and drum timbre". - *Computer Music Journal*, vol.7 n°2 - 1983.
- Kronland-Martinet (R.) (1989). "The use of the wavelet transform for the analysis, synthesis and processing of speech and music sounds". *Computer Music Journal*, vol. 12 n° 4, 11-20 (avec exemples sonores sur disque).
- La synthèse sonore (1993). *Les cahiers de l'IRCAM* n° 2. Paris : IRCAM.
- Mathews (M.V.), avec la collaboration de J.E. Miller, F.R. Moore, Pierce (J.R.) et J.C. Risset (1969) "The Technology of Computer Music", Cambridge, Mass. : MIT Press, 1969, 188 p.
- Moorer (J.A.) (1976). "The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Discrete Summation Formulas" - *JAES* - Vol. 24 N°9 (717-727) - 1976
- Risset (J.C.) (1969). "An Introductory Catalog of Computer Synthesized Sounds", Murray-Hill, New-Jersey : Bell Telephone Laboratories, 1969, 111 p.
- Risset (J.C.) (1969). *An Introductory Catalog of Computer Synthesized Sounds*. Bell Laboratories, Murray Hill, N.J. Réédité en 1995 dans *The Historical CD of Digital Sound Synthesis*, *Computer Music Currents* # 13, Wergo WER 2033-2.
- Risset (J.C.) (1981). "The musical development of digital sound techniques" - UNESCO Computer Music - Conseil des Arts du Canada - 1981.
- Roads (C.) (1978). "Automated Granular Synthesis of Sound" - *CMJ* Vol.2 n°2 - 1978.

- Roads (C.) (1979). "A tutorial on non linear distortion or waveshaping synthesis" - CMJ Vol.3 n°2 - (21-34) - 1979
- Roads (C.) (1988). "Introduction to Granular synthesis" - CMJ Vol.12 n°2 - 1988.
- Rodet (X.) (1984). "Time domain formant wave function synthesis" - CMJ Vol.8 n°3 (9-14) - 1984.
- Sethares (W.) (1998). Tuning, timbre, spectrum, scale. Springer, Berlin (avec un CD d'exemples sonores).
- Smith (J.O.) (1992). "Physical modeling using digital waveguide" - CMJ Vol.16 n°4 (74-87) - 1992.
- Strawn (J.) (ed) (1985). "Digital Audio Signal Processing : An Anthology", Los Altos, California : William Kauffman, Inc., 1985.
- Tubach, J.P. (éd) (1989). La parole et son traitement automatique. Paris, Milan, Barcelone, Mexico : Calliope, Masson
- Truax (B.) (1988). "Real time granular synthesis with a digital signal processing computer" - Computer Music Journal, vol.12 n°2.

Composition automatique

- Barbaud (P.) (1966). "Introduction à la composition musicale automatique", Paris : Dunod, 1966
- Barbaud (P.) (1968). "La musique, discipline scientifique", Paris : Dunod, 1968.
- Baroni (M.), Callegari (L.) (ed) (1984). "Musical Grammars and Computer Analysis", Florence : Leo S. Olschki Editore.
- Barrière (J.B.) (1990). "Devenir de l'écriture musicale assistée par ordinateur : formalismes, forme, aide à la composition", in Analyse musicale, Paris, 1990, 3^e trimestre, pp. 52-68.
- Greussay (P.) (1985). "Exposition ou exploration : graphes beethovéniens", in Quoi ? Quand ? Comment ? La recherche musicale. Machover, Tod (ed), Paris : Christian Bourgois/IRCAM, pp.165-183.
- Hiller (L.) et Isaacson (L.) (1959). "Experimental Music", New-York : McGraw Hill, 1959.
- Xenakis (I.) (1963). "Musiques formelles". Paris : La Revue Musicale, Ed. Richard-Masse.

Psychoacoustique et acoustique musicale

- Botte (M.-C.), Canévet (G.), Demany (L.), Sorin (C.) (1989). "Psychoacoustique et perception auditive", Paris : INSERM, Editions médicales internationales.
- Bregman (A.N.) (1991). Auditory scene analysis. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- Chowning (J.) (1991). " Music from Machines : Perceptual Fusion and Auditory Perspective ". In Für György Ligeti, Laaber-Verlag, 234-243.
- Erickson (R.) (1975). "Sound Structure in Music", Berkeley : University of California Press.
- Grey (J.) (1975). "An Exploration of Musical Timbre", Ph. D. dissertation, Department of Psychology, Stanford University, Department of Music Report STAN-M-2, 1975.
- Hall (D.) (1980). "Musical Acoustics", Belmont, Calif. : Wadsworth Publishing Co., 1980.
- McAdams (S.) (1983). "Les fondements de l'acoustique", in Musique et ordinateur, M. Battier, P. Bernard et G. Charbonneau (eds), Les Ulis : Centre expérimental du Spectacle, Université de Paris-Sud, 1983, pp. 67-91.
- McAdams (S.) (1984). Spectral fusion, spectral parsing and the formation of auditory images. Ph. D. Thesis, Stanford University, California.
- Olson, Harry H. (1967). "Music, Physics and Engineering", New-York : Dover Publications, 1952, nouvelle édition 1967.
- Pierce (J.R.) (1966). " Attaining consonance in arbitrary scales ". Journ. of the Acoust. Soc. of America, vol. 40, 249.
- Pierce (J.R.) (1984). Le son musical (avec un disque compact d'exemple sonores). Pour la Science/Belin, Paris.
- Risset (J.C.) & Mathews (M.V.) (1969). " Analysis of instrument tones ". Physics Today, vol. 22 n° 2, 23-40.
- Risset (J.C.) (1978). " Musical Acoustics ". In E.C. Carterette & M.P. Friedman, ed., Handbook of Perception, vol. IV : Hearing. Academic Press, New York, 521-564.
- Risset (J.C.) (1986). " Pitch and rhythm paradoxes ". J. Acoust. Soc. Am. vol. 80, 961-962.
- Risset (J.C.) (1988). " Perception, environnement, musiques ". Inharmoniques, n° 3, C. Bourgois & IRCAM, Paris, 10-42.
- Risset (J.C.) (1990). "Modèle physique et perception - Modèle physique et composition" - Colloque Modèles Physiques Création Musicale et Ordinateur Vol.III (711-720) - Grenoble.
- Risset (J.C.) (1991). "Time Frequency Représentation" -In Representation of musical signals - De Poli-Piccialli-Roads Editors - MIT Press.

Risset (J.C.) et David Wessel (1982). "Exploration of Timbre by Analysis and Synthesis", in *The Psychology of Music*, D. Deutsch (ed), Academic Press, pp. 25-58 (nouvelle édition révisée à paraître en 1999).

W.A. Sethares (1998). *Tuning, timbre, spectrum, scale*. Springer-Verlag, London (avec un CD d'exemples sonores).

Shepard (R.) (1981). "Psychophysical complementarity". In M. Kubovy & J.R. Pomerantz, editors, *Perceptual organization*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 279-341.

Wessel (D.) & Risset (J.C.) (1979). "Les illusions auditives". *Universalis (Encyclopedia Universalis)*, 167-171.

Wessel (D.) (1978). "Low Dimensional Control of Musical Timbre", *Rapport de recherche IRCAM (12)*, Paris : IRCAM.

Psychologie et psychologie cognitive de la musique

Deutsch (D.) (ed) (1982). *The Psychology of Music*. New York : Academic Press (nouvelle édition révisée à paraître en 1999).

Dowling (J.) et Harwood (D.) (1986). "Music Cognition", New York : Academic Press.

McAdams (S.) et Bigand, Emmanuel (1994). "Penser les sons, Psychologie cognitive de l'audition", Paris, PUF.

McAdams (S.) et Deliège (I.) (eds) (1989). "La musique et les sciences cognitives" Liège, Bruxelles : Pierre Mardaga, éditeur.

Sloboda (J.A.) (1985). "L'esprit musicien, La psychologie cognitive de la musique", traduit de l'anglais par Marie-Isabelle Collart, Liège, Bruxelles : Pierre Mardaga, éditeur.

Zenatti (A.) (ed) (1994). "Psychologie de la musique" Paris, PUF.

Calculs et modèles dans la composition assistée par ordinateur

Adrien (J.M.) (1989). "Etude de structures complexes vibrantes ; application à la synthèse par modèles physiques", Thèse de Doctorat, Université de Paris VI.

Assayag (G.) (1993). "Composition assistée par ordinateur : vers la partition potentielle", octobre 1993, Paris, Les Cahiers de l'IRCAM.

Assayag (G.) et Rueda (C.) (1993). "The Music Representation Project at IRCAM", *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Tokyo, 1993.

Chemilier (M.) (1990). "Structures et méthodes algébriques en informatique musicale", Thèse de Doctorat, LITP 90-4, Université de Paris VI.

Jackendoff (R.) (1988). "Consciousness and the Computational Mind", Cambridge, Mass. : MIT Press.

Malherbe (C.), Assayag (G.), Castellengo (M.) (1985). "Functional Integration of Complex Instrumental Sounds in Musical Writing", in *Proceedings of the International Computer Music Conference*, San Francisco : International Computer Music Association.

Rodet (X.), Cointe (P.) (1985). "Formes : composition et ordonnancement de processus", Paris : rapport scientifique de l'IRCAM.

Esthétique de la musique sur ordinateur

Analyse en musique électroacoustique (1997). Académie, Bourges, Actes II. Bourges : Actéon Mnémosytme (avec un CD d'exemples sonores).

Barrière (J.B.) (éd) (1991). "Le timbre, métaphore pour la composition" Paris : Christian Bourgois/IRCAM.

Barrière (J.B.) (1990). "Pour une esthétique de la musique sur ordinateur", Thèse de Doctorat, Université de Paris I-Panthéon-Sorbonne.

Batel (G.), Kleinen (G.), Salbert (D.) (ed.) (1987). *Computermusik*. Laaber : Laaber-Verlag.

Bayle (F.) (1993). *Musique acousmatique : propositions... positions*. Paris : INA-GRM/ Buchet-Chastel, Paris.

Composition/Diffusion en musique électroacoustique (1998). Académie, Bourges, Actes III. Bourges : Actéon Mnémosytme.

De la motte Haber (H.), Frisius (R.) (ed.) (1996). *Musik und technik*. Mainz : Schott.

Dufourt (H.) (1991). *Musique, pouvoir, écriture*. Paris : C. Bourgois.

Dufourt (H.), Fauquet (J.M.) (ed.) (1996). *La musique depuis 1945 - matériau, esthétique, perception*. Bruxelles : Mardaga.

Esthétique et musique électroacoustique (1996). Académie, Bourges, Actes I. Bourges : Actéon Mnémosytme.

Humpert (H.U.) (1987). *Elektronische Musik*. Mainz : Schott.
 La musique en projet (1975). Paris : Gallimard/IRCAM.
 Laliberté (M.) (1994). *Un principe de la musique électro-acoustique et informatique et son incidence sur la composition musicale*. Thèse de musique et musicologie du XXème siècle, EHESS, Paris.
 Machover (T.) (ed.) (1985). *Quoi, quand, comment : la recherche musicale*. Paris : C. Bourgois/IRCAM.
 Musique, Recherche, Théorie (1991). *Inharmoniques n° 8-9*, IRCAM/Centre Georges Pompidou.
 Musiques électroniques (1990). *Contrechamps n° 11*. Genève : l'Age d'Homme.
 Nuova Atlantide : il continente della musica elettronica 1900 - 1986 (1986). Venezia: La Biennale.
 Paynter (J.), Howell (T.), Orton (R.), Seymour (P.) (ed.) (1992). *Companion to contemporary musical thought*. London and New York : Routledge.
 Recherche et création : vers de nouveaux territoires (1992). Paris : IRCAM.
 Roads (C.) (ed.) (1985). *Composers and the computer*. Las Altos : Kaufmann.
 Rondeleux (L.) (1995). *Incidences des représentations numériques sur l'évolution du langage musical en France et aux Etats-Unis*. Thèse de musique et musicologie du XXème siècle, EHESS, Paris.
 Tamburini (A.) (1988). *Il calcolatore e la musica*. Padova : Franco Muzzio.
 Utopies (1993). *Les cahiers de l'IRCAM n° 4*. Paris : IRCAM.
 Varèse (E.) (1917). *Revue 391*, New York.
 Varèse (E.) (1962). "Conférence à l'Université Yale". In E. Schwartz & B. Childs, ed., *Contemporary Composers on Contemporary Music*. New York : Norton, 1967, p. 208.
 Xenakis (I.) (1971). *Formalized music*. Bloomington, Indiana : University of Indiana Press.

Bibliographie (Arts visuels et corporels)

Annie Luciani, Henri Maître, Patrick Callet

Arts visuels et synthèse d'images

Actes des Journées de l'AFIG, Association Française d'Informatique Graphique, annuel.
 ADI - Appel d'offre "Image et Informatique", 1981.
 Banc-titre INA - N°16. 1981.
 Bret (M), "Images de synthèse", Dunod, Paris 1988.
 Bibliographies on Computer Graphics and Vision, The collection of Computer Science Bibliographies, <http://wheat.uwaterloo.ca/bibliography/graphics/acm.siggraph.html>
 Borillo (M) & Sauvageot (A) (sous la direction de), " Les cinq sens de la création de la création. Art, technologie, sensorialité", Collection Milieux, Champ Vallon, Seyssel, 1996.
 Cadoz (C), Luciani (A) & Florens (J-L), "Exposition système CORDIS-ANIMA et TGR". Forum des Nouvelles Images, Monte-Carlo, 1986.
 Cadoz (C), " Les réalités virtuelles ", Collection DOMINOS, Flammarion, Paris 1994. Traduit en espagnol (1995), en coréen (1996), en italien (1996).
 Cahiers du CCI, numéro spécial "les chemins du virtuel : simulation informatique et création industrielle", Jean Louis Weissberg et Martine Moinot, Centre Georges Pompidou, 1989.
 Callet (P), "Couleur-Lumière, couleur-matière". Diderot éditeur, Arts et sciences, 1998.
 Cartoon, Publication périodique de l'Association européenne du cinéma d'animation, Bruxelles, <http://www.cartoon-media.be>
 CESTA, 1er Colloque Image. Biarritz 1984.
 CNC, Direction des programmes audiovisuels et des industries de l'image et du son. Bilans annuels des actions, soutiens et aides.
 Collectif, 1994. *Pratiques artistiques et sciences cognitives*. Art et Cognition. Edité par Cyprès, Ecole d'art d'Aix en Provence.
 Colonna (J-F), "un système informatique au service de la communication". Ecole Polytechnique, 1976.
 Colloque "Modèles physiques, Création musicale et ordinateur". Organisé par l'ACROE, (édité par la Maison des Sciences de l'Homme en 1994), Grenoble 1990.
 Computer Graphics Forum, the International Journal of the Eurographics, trimestriel.
 Conférences des JICA. Journées Internationales du Cinéma d'Animation. Centre International du Cinéma d'Animation, Annecy.
 Couchot (E), "La synthèse numérique de l'image : vers un nouvel ordre visuel". Traverses, n°26, octobre, 1982.

Couchot (E), "L'image : de l'optique au numérique". Hermès, Paris, Janvier 1988.

Coupigny (F), "la fabrication assistée par ordinateur de dessins animés à l'aide du système Psyché-Anim2. Revue Radiodiffusion Télévision, GRT-INA, 1979.

Culture et recherche. Mensuel éditée par le Ministère de la culture, mission de la recherche et de la technologie, Jean Pierre Dalbéra.

Dalloz (X), Présentation des tendances de la demande en synthèse d'image. Journées ADI "la synthèse d'image", Grenoble, décembre 1983.

Délégation aux Arts Plastiques. Rapports d'activité annuels.

Délégation aux arts plastiques, rapport collectif, sous la direction scientifique de Paul Virilio. Groupe de réflexion sur les nouvelles technologies : travaux et propositions. Ministère de la Culture et de la Communication, Juin 1993.

Hillaire (N), 1995. L'art, les nouvelles technologies et le temps. En ligne sur le site du CICV, <http://www.cicv.fr>.

Hillaire (N). Etude pour une nouvelle publication au centre Pompidou. Avec le concours de Nadine Doreau et Katherine Tanneau, pour le compte du développement culturel.1994. <http://www.cnac-gp.fr>.

Hillaire (N) & Jaffrenou (M). Nouvelles technologies : un art sans modèle. Numéro spécial de la revue Art Press n°12. 1991.

INA, Séminaire d'Arc et Senans, "le traitement et la synthèse d'images appliquées à la création audiovisuelle". Juin 1981 avec la participation de Coupigny (INA), Luciani (ACROE), Rousseau (SFP), Martinez (IMAG), Lucas (Nantes).

INA, Problèmes audiovisuels n°4, "les nouvelles images : des outils pour connaître et agir".

INA, Problèmes audiovisuels n°6, "les instruments pour la recherche artistique".

Le Film français " le cinéma d'animation", Novembre 1981.

Le Film français " Génération de nouvelles images pour la TV d'aujourd'hui et de demain", avril 1982.

Forest (F). L'art à l'ère du multimédia et l'esthétique des réseaux. Communication et langage, n°106, 4ème trm 1995.

Final report of the GSPC (Graphic Standard Planning Committee), Computer Graphics, a quarterly report of SIGGRAPH-ACM, June 1978.

Golomer (E), "La danse : développement des qualités physiques et psychologique", la Médecine du Sport, Ed. Anthropos, Paris, 1995.

Golomer (E). "Equilibre dynamique et environnement visuel chez les danseurs hommes de l'opéra de Paris", in Medecine des Arts, Ed. Alexitère, Montauban, sous presse.

Guedj (R.A.) and al, "Methodology of interaction". Workshop Seillac II, North Holland Publisher, 1980.

Guedj (R.A.) and al, "Methodolgy un Computer Graphics". Workshop Seillac I, North Holland Publisher, 1976.

Guillaume (M). "Art et nouvelles techniques", Quaderni 21, Art et nouvelles techniques, Autome 1993

Guïto (N) & Zeitoun (J). Rapport de synthèse de la mission Informatique et création. Ministère de la Culture, Paris.

Imagina. Les Actes de Imagina. Forum des nouvelles images. Annuel.

Interval Research , <http://www.interval.com>

Journal IBM Informatique n°13 : "Art et ordinateur". 1975.

La lettre du Transputer, spécial synthèse d'image, n°12, décembre 1991.

Le courrier du CNRS, n° spécial Imagerie scientifique 66-67-68, Janvier-Juin 87.

Le livre Imagina, 10 ans d'images de synthèse, INA 1990.

Les actes du colloque "du corps au corpus technologique", avec la participation de Louis Bec, Bernard Stiegler, Sally J. Norman, N+N Corsino, Carole Tafforin, Kitsou Dubois, Organisation et publication Odysseus (Blagnac). 1996.

Longavesne (J-P), Que veulent les nouveaux historicistes ? « Machines à peindre ». L'ÂNE, Le magazine, Freudien, Oct/Déc. 1993.

Longavesne (J-P), La science et la métamorphose des arts, « Machines à peindre et informatique picturale ». Collection Nelle Encyclopédie, Diderot Ed P.U.F, 1994.

Longavesne (J-P), Où est passée la peinture ? « Les artisans en peinture et le théâtre des machines », Art presse-Hors série Numéro 16 - 1995.

Longavesne (J-P), Les cinq sens de la création, « Ironie Digitale, Machines à peindre et informatique picturale », Collection Milieux Ed. Champ Vallon1996.

Lucas (M). Contribution à l'étude des techniques de communication graphique avec un ordinateur". Thèse d'état, INPG, 1977.

Lucas (M). La recherche en synthèse d'images en France depuis 30 ans, rapport de recherche IRIN, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes, 1995.

Luciani (A), "L'ordinateur outil de création d'images animées à destination esthétique", Rapports ADI, 1982, 1985.

Luciani (A), "Modèles Physiques et Animation". Imagina 90, Monte-Carlo 1990.

Luciani (A), "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel". Revue Les Cahiers de l'Ircam n° 2, novembre 1992.

Luciani (A), "Synthèse du mouvement visuel : quels modèles... ? ". Collection "Recherche Musique et Danse", Actes du colloque "Modèle physique, création musicale et ordinateur", organisé par l'ACROE, (Ed. Maison des Sciences de l'Homme, Paris 1994), Grenoble 1990.

MEDIA. DGX/D/4 MEDIA II Programme, Mr. Jacques Delmoly, <http://europa.eu.int/en/comm/dg10/avpolicy/media/en/home-m2.html>

MediaLab - <http://www.media.mit.edu/>

Ministère de la culture : Rapport "Enjeux de la recherche image et propositions de développement en France", décembre 1981.

Ministère de la recherche et de l'industrie (CESTA), Ministère de la communication (INA), "LA RECHERCHE IMAGE : Enjeux et propositions de développement", août 1982.

Musso (P) . Pour un Bahaus électronique : la création artistique et les nouvelles technologies". Rapport au Ministère de la Culture, de la communication et des grands travaux, 1990.

Musso (P). L'art de l'ordinanthrope. Art Press, n°12, 1991.

Noll (A.M.) , 1967. Computers and the visual arts. In Computers in Design, Design and Planning, n° 2.

Norman (S.J.) . Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques. Rapport d'étude à la Délégation aux Arts plastiques, Ministère de la Culture. Cmelopard SARL, 57 rue Montreuil, 75011 Paris (E-mail norman@wanadoo.fr). 1997.

Popper (K.) . L'art à l'âge électronique. Hazan, Paris. 1993.

Queau (P) . Le virtuel - Vertus et vertiges, collection Milieu, Champ Vallon, 1993.

Queau (P). Eloge de la simulation, de la vie des langages à la synthèse des images, collection Milieu, Champ Vallon, 1986.

Queau (P). Metaxu, théorie de l'art intermédiaire, collection Milieu, Champ Vallon, 1986.

Proceedings of Eurographics, annuel.

Proceedings of SIGGRAPH, ACM, annuel.

PUCK : la revue de la marionnette et des autres arts N°9 - Images virtuelles. Edition "Institut de la marionnette, Charleville-Mézières, 1996.

Revue internationale de CFAO et d'informatique graphique, Hermes.

Revue Leonardo, Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology, Pergamon Press.

Revue Techné : la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations, éditée par le Ministère de la culture et la réunion des Musées Nationaux.

Revue Virtuelle. Martine Moinot, Christine van Assche, Jean Louis Boissier. CDROM - Centre Georges Pompidou.

Science & techniques, n° spécial l'Avenir des images, hors série n°29, 1980.

Science et avenir, n° hors série Images de synthèse, un nouveau monde créé par l'ordinateur, mai 1984.

"Séminaire "Informatique, Geste Instrumental et Composition Musicale", ACROE - Grenoble - Octobre 1988.

Siggraph "Visual Proceedings : the art and interdisciplinary Programms of SIGGRAPH". Proceedings and CD-Rom, Annuel.

Textes réunis et présentés par Roger-Pol Droit. "L'art est - il une connaissance?". Le Monde-Editions, 1993.

Viénot (F), Longavesne (J-P), Chevreul (M-E). Un savant, des couleurs ! « De Chevreul aux nouvelles technologies informatiques dans le domaine de la couleur ». Editions du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris, 1997.

Traitement de l'image

M.W. Ainsworth, Arts and Autoradiography : insights into the genesis of paintings by Rembrandt, Van Dyck and Vermeer, Metropolitan Museum of Art, New York, 1982.

R. Baribeau, M. Rioux, G. Godin, Three dimensionnal object modeling towards improving Access to Collections by Virtualizing Reality. In "Multimedia Computing and Museums", Edited by D. Bearman, Archive and Museum Informatics, (170-177), 1995.

R. Billinge, J. Cupitt, N. Dessipris, D. Saunders, A note on an improved procedure for the rapid assembly of infrared reflectogram mosaics, Study in Conservation, vol 38, 2, 1993, 92-98

P. Callet, Couleur- Lumière, Couleur- Matière, Diderot Ed. 1998.

V. Cappellini, Uffizi Project, Universita di Firenze, CNR, 1993.

Collectif, Riflettoscopia all'infrarosso computerizzata, Quaderni della Soprintendenza ai Beni Artistici e Storici di Venezia, Nenise, Italie, 1984.

Y. Chrissoulakis, J.M. Chassery The Application of Physicochemical Methods of Analysis and Image Processing Techniques to Painted Works of Art Graphic Technique A.Gkone, Athens, 1986.

Collectif, Georges de La Tour ou les Chefs d'Œuvres révélés, les dossiers du LRMF, Ed. Serpenoise, 1993.

Collectif, LRMF 85 Paintings of Jean Baptiste Corot (1789-1875) from the collections of the Louvre. CD-ROM AV 500041, Conception LRMF, Réunion des Musées de France, 1996.

H. Derrien, SIAM : le logiciel pour un meilleur dialogue avec vos images. Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 43-49.

J.M. Dupouy, Méthodes expérimentales utilisées par le LRMF, Techne, 2, 1995, 211-213.

K. Freifeld, Probing beneath the Painting. IEEE Spectrum, June 1986, (66-71).

R. Halir, C. Menard, Diameter Estimation for Archaeological pottery using Active Vision. Proc. of the 20th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR), Schlo· Seggau, (Austria), 1996, (251-261).

J.Y. Hardeberg, F. Schmitt, I. Tastl, H. Brettel, J.P. Crettez, Color Management for color facsimile. 4th Colour Imaging Conference, IS &T-SID, Scottsdale (AZ, USA), Nov 1996, (108-113).

F. Heitz, H. Maître, C. de Couessin, Application of Autoregressive Models to Fine Arts Painting Analysis Signal Processing, 1-13, 1987, (1-14).

F. Heitz, H. Maître, C. de Couessin, Event Detection in Multisource Imaging : Application to Fine Arts Painting Analysis IEEE Acoustics Speech and Signal Processing, 4-38, 695-704, 1990.

M. Hours, Les secrets des chefs d'œuvre. Denoël Gonthier, Paris, 1982.

M. Hours, Les méthodes scientifiques dans l'étude et la conservation des œuvres d'art, Ecole du Louvre, Muséologie, la Documentation française, 1983

H. Hudrisier, L'Iconothèque, La Documentation Française - INA, Paris, 1982

C. Lahanier, G. Aitken, M. Aubert, Narcisse : Une bonne résolution pour l'étude des peintures. Techne, 2-1995, (178-190).

C. Lahanier, Le système documentaire Narcisse sur les peintures et les enluminures. Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 43-49.

P. Lechanu, Dessin sous-jacent et histoire de l'art, Techne, 2-1995, (165-177).

R. Lenz, R. Beutelhauser, U. Lenz, A microscan/macroscan 3 x 12 bit digital color CCD camera with programmable resolution up to 20992 x 20480 picture elements. Proc of the Commission V Symposium Close Range Techniques and Machine Vision Melbourne, Aust., Intl Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol 30 part 5, March 1994.

H. Maître, Image numérique, traitement numérique de l'image et œuvres d'art. Techne, 2-1995, (191-196).

H. Maître, F.J.M. Schmitt, J.P. Crettez, Y. Wu, J.Y. Hardeberg, Spectrophotometric Image Analysis of Fine Arts Paintings. 4th Colour Imaging Conference, IS &T-SID, Scottsdale (AZ, USA), Nov 1996, (50-53)

K. Martinez, J. Cupitt, D. Saunders, High resolution colorimetric imaging of paintings. Proc. SPIE, Vol 1901, (25-36), 1993.

K. Martinez, J. Cupitt, D. Saunders, MARC : Methodology for art reproduction in Colour. Computers and the History of Art Journal, 1997.

K. Martinez, Recent Progress in Arts Computing and its Applications. 5th Int. Conf. on High Technology. CHIBA'96 Sept. 96 - (63-69).

K. Martinez, Networking High Quality Images of Art. Int. Symp. of Digital Imagery'97, AIM, Tokyo 1997

B. Mourenas, Influx : la solution documentaire multilingue ; l'intégration des données textuelles et des images. Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 53-65.

M. Müller, A. Burmester, The registration of transportation damages using a high resolution CCD camera. Europto, Munich, Germany, June 21, 1993.

D. Papadopoulos-Orfanos, F.J.M. Schmitt, Automatic 3D Digitization using a Laser Rangefinder with a Small Field of View. International Conference on Recent Advances in 3D Imaging and Modelling, Ottawa, Ontario, May 1997.

M. Rebiaï, Un système de numérisation et de traitement d'images de très haute résolution, Actes du Séminaire Narcisse, Arquivos Nacionais, Torre do Tombo, Portugal, 1993, 21-42.

F.J.M. Schmitt, High Quality Digital Color Images. 5th Int. Conf. on High Technology. CHIBA'96, Sept. 96 - (55-62).

P. Sirinelli, Industries culturelles et nouvelles techniques, Rapport de la Commission constituée à la demande de J. Toubon, Ministre de la Culture et de la Francophonie, la Documentation française, 1993.

I. Tastl, R. Sablatnig, W. Kropatsch, Model-Based Classification of Painted Portraits. Proc. of the 20th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR), Schloss Seggau, (Austria), 1996, (237-250).

J. Thuillier, L'Histoire de l'Art et les Bases d'images : le problème de l'image numérique Bases de données et données de base, Collection F. R. Bull, Masson, Paris, 1993, 93-102.
T. Toifl, H. Maître, Investigation of the Scale-Space Statistical Properties in the Color Distribution in Paintings, Proc. of the 20th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (OAGM/AAPR), Schloss Seggau, (Austria), 1996, (273-280).
T.Toifl, H. Maître, Le traitement d'images peut-il expliquer le Pointillisme, Actes de RFIA, Clermont-Ferrand, 1998, 1, 99-106
J.J. Wanègue, Le projet Narcisse, Mémoires Optiques et Systèmes, 121, 1994, 31-36.

De l'analyse à la synthèse de l'image

Actes du colloque "du corps au corpus technologique", avec la participation de Louis Bec, Bernard Stiegler, Sally J. Norman, N+N Corsino, Carole Tafforin, Kitsou Dubois, organisation et publication Odysud (Blagnac). 1996.
Borillo Mario & Sauvageot Anne (sous la direction de). " Les cinq sens de la création de la création : Art, technologie, sensorialité", Collection Milieux, Champ Vallon, Seyssel, 1996.
Claude Cadoz. " Les réalités virtuelles " - Collection DOMINOS - Flammarion - Paris 1994. Traduit en espagnol (1995), en coréen (1996), en italien (1996).
Patrick Callet, "Couleur-Lumière, couleur-matière". Diderot éditeur, Arts et sciences, 1998.
Edmond Couchot, "L'image : de l'optique au numérique", Hermès, Paris Janvier 1988.
Culture et recherche, Mensuel éditée par le Ministère de la culture, mission de la recherche et de la technologie (Jean-Pierre Dalbéra).
Longavesne Jean-Pierre, Portrait de la Couleur « De Chevreul aux nouvelles technologies de la Couleur », Edition I.A.V, 1993.
Longavesne Jean-Pierre, Que veulent les nouveaux historicistes ? « Machines à peindre ». L'ÂNE - Le magazine, Freudien, Oct/Déc., 1993.
Longavesne Jean-Pierre, La science et la métamorphose des arts, « Machines à peindre et informatique picturale ». Collection Nelle Encyclopédie Diderot, Ed P.U.F, 1994.
Longavesne Jean-Pierre, Où est passée la peinture ? « Les artisans en peinture et le théâtre des machines », Art presse, Hors série Numéro 16, 1995.
Longavesne Jean-Pierre, Les cinq sens de la création, « Ironie Digitale, Machines à peindre et informatique picturale », Collection Milieux Ed Champ Vallon, 1996.
Michel Lucas. La recherche en synthèse d'images en France depuis 30 ans, rapport de recherche IRIN, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes, 1995.
Puck : la revue de la marionnette et des autres arts N°9 : Images virtuelles. Edition "Institut de la marionnette", Charleville-Mézières, 1996.
Revue Techné : la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations. Editée par le Ministère de la culture et la réunion des Musées Nationaux.
Sally Jane Norman. Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques. Rapport d'étude à la Délégation aux Arts plastiques, Ministère de la Culture. Camelopard SARL, 57 rue Montreuil, 75011 Paris (E-mail norman@wanadoo.fr). 1997.
Françoise Viénot, J-P. Longavesne, Michel-Eugène Chevreul. Un savant, des couleurs ! « De Chevreul aux nouvelles technologies informatiques dans le domaine de la couleur ». Editions du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris, 1997.

Bibliographie (Geste et systèmes gestuels à retour d'effort)

Claude Cadoz, Annie Luciani

J.J. Batter, F.P. Brooks (1971). "GROPE-I : A computer display to the sense of feel". Information Processing, Proc. IFIP Congress 71, 759-763 (1971).
W.D. Atkinson, K.E. Bond, G.L. Tribble, K.R. Wilson, K.R (1977). "Computing with feeling", Comput. and Graphics, 1977, 2.

J.L. Florens (1978). "Coupleur gestuel interactif pour la commande et le contrôle de sons synthétisés en temps réel", Thèse Docteur Ingénieur - Spécialité Electronique - I.N.P.G. - Grenoble 1978.

J. Foley (1987). "Les communications entre l'Homme et l'ordinateur", Pour la Science, Décembre 1987.

C. Cadoz, A. Luciani, and J. L. Florens (1981). "Synthèse musicale par simulation des mécanismes instrumentaux. Transducteurs Gestuels Rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental", Revue d'Acoustique N° 59, pp. 279-292. Paris 1981.

C. Cadoz, A. Luciani, and J. L. Florens (1984). "Responsive input devices and sound synthesis by simulation of instrumental mechanisms: The cordis system," Computer Music J., vol. 8, no. 3, pp. 60-73, 1984.

C. Cadoz, A. Luciani, J.L. Florens (1986). "Exposition système CORDIS-ANIMA et TGR", Forum des Nouvelles Images - Monte-Carlo 1986.

C. Cadoz (1988). "Instrumental gesture and musical composition," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'88), pp. 1-12, 1988.

S. Gibet and J. L. Florens (1988). "Instrumental gesture modeling by identification with time-varying mechanical models," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'88), pp. 28-40, 1988.

F. P. Brooks and al (1988). "Grasping reality through illusion", Interactive graphics serving science - 5th Conf. on Comput. and Human Interact. - CHI'88.

R. Boie, M. Mathews, and A. Schloss (1989). "The radio drum as a synthesizer controller," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'89), pp. 42-45, 1989.

B. Bongers (1989). "The use of active tactile and force feedback in timbre controlling electronic instruments," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'94), pp. 171-174, 1994.

C. Cadoz and C. Ramstein (1990). "Capture, representation and «composition» of the instrumental gesture," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'90), pp. 53-56, 1990.

C. Cadoz, L. Lisowski, and J. L. Florens (1990). "A modular feedback keyboard design," Computer Music J., vol. 14, no. 2, pp. 47-51, 1990.

C. Cadoz, L. Lisowsky, and J. L. Florens (1990). "Modular feedback keyboard," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'90), pp. 379-382, 1990.

F.P. Brooks, M. Ouh-Young, J.J. Batter, P.J. Kilpatrick (1990), "Project GROPE: haptic display for scientific visualisation", Computer Graphics, Vol. 24, N° 4, August 1990.

H. Iwata (1990). "Artificial reality with force-feedback : dev. of Desktop Virtual Space with Compact Master Manipulator" - Computer Graphics, vol.24, n°4, p. 165-170 - August 1990.

M. Minsky, M. Ouh-Young, O. Steele, F.P. Brooks, M. Behensky (1990). "Feeling and seeing: Issues in Force Display", Computer Graphics, Vol. 24, no. 2, SIG special issue 1990, pp. 235-243.*

C. Cadoz (1991). "Modèles physiques, temps réel et contrôle gestuel avec retour d'effort dans la synthèse sonore pour la création musicale" - Imagina '91 - Monte-Carlo 1991

P. Richard, G. Burdea, P. Coiffet (1993), "Performances humaines dans des tâches impliquant des objets virtuels avec retour d'effort", Actes "L'interface des mondes réels et virtuels", Montpellier, Mars 1993

C. Cadoz (1994). "Le geste canal de communication homme-machine. la communication «instrumentale»," Sciences Informatiques - Numéro Spécial: Interface Homme-Machine, vol. 13, no. 1, pp. 31-61, 1994.

C. Cadoz (1994), "Les réalités virtuelles" - Collection DOMINOS - Flammarion - Paris 1994. Traduit en espagnol (1995), en coréen (1996), en italien (1996), en grecque (1997).

A. Luciani, C. Cadoz, and J.L. Florens (1994). "The CRM device : a force feedback gestural transducer to real-time computer animation", Displays, Vol. 15 Number 3 - 1994 - Butterworth-Heinemann, Oxford OX2 8DP UK, pp. 149-155.

C. Cadoz (1996). "Réintroduire les sensations physiques : des interfaces manuelles pour montrer, toucher, palper, éprouver", Numéro spécial "la Recherche" "l'ordinateur au doigt et à l'œil" - n°285 Mars 1996.

L. Chu (1996). "Haptic feedback in computer music performance," in Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'96), pp. 57-58, 1996.

Les actes du colloque "du corps au corpus technologique", avec la participation de Louis Bec, Bernard Stiegler, Sally J. Norman, N+N Corsino, Carole Tafforin, Kitsou Dubois, Organisation et publication Odysud (Blagnac). 1996.

Brevets

C. Cadoz, J.L. Florens, A. Luciani (1985). Procédé et dispositif pour simuler un objet matériel et ses interactions avec un utilisateur. Brevet Français. Déposé le 14 / 06 / 85. N° 85 09420 France. Titulaire : ACROE.

C. Cadoz, L. Lisowski, J.L. Florens (1987 et 1988). Clavier rétroactif modulaire et actionneur modulaire plat. Brevet Français. Déposé le 13 / 10 / 88. France N°88 14064, US n° 07/420 242, Europe n° 0 365 441. Titulaire : ACROE.

C. Cadoz, J.L. Florens, A. Luciani (1994). Piano Electromécanique. dépôt le 7 mai 1993, France/ n ° 93 05796.
Demande PCT Europe-US-Japon du 4 mai 1994 n° PCT/FR94/00514. Titulaire : ACROE.

WEB Ramstein ("Mouse-Cat") <http://www.hapttech.com/>

WEB Sensable Phantom <http://www.sensable.com/>

NOTES

(1) L'icône est un signe dont le signifiant et le signifié sont dans une relation "naturelle" (ressemblance, évocation) (Petit Robert). Les réalités virtuelles entrent dans ce courant et, avant elles, les interfaces dites WIMP (Window, Icons, Menus & Pointers) apparues dans les années 80 avec le MacIntosh et sa souris, issues de travaux menés dans les laboratoires Xerox PARC.

(2) Voir ROTHENBERG, J. - "L'archivage des documents informatiques" - Pour la Science N°209, mars 1995 : les champs magnétiques parasites, l'oxydation et le vieillissement naturel des matériaux magnétiques effacent les informations des disques magnétiques plus vite que l'encre ne s'efface des papiers de bonne qualité.

(3) Voir BONNET, M., GUIARD, Y., REQUIN, J., SEMJEN, A. - "Mécanismes généraux de la motricité" et ROLL, J.-P. - "Sensibilités cutanées et musculaires" - in Traité de Psychologie Expérimentale - Marc Richelle, Jean Requin, Michèle Robert - Ed. P.U.F., Paris 1994.

(4) Voir bibliographie "Geste et systèmes gestuels à retour d'effort" en fin de chapitre.

Les enjeux économiques

Bernard Bovier-Lapierre

Lettre de mission du Ministre

« Les enjeux économiques de la recherche artistique sont considérables. Les arts alimentent les industries culturelles au marché potentiel très important. »

SOMMAIRE

Introduction :

L'impact des technologies industrielles sur les activités artistiques et sur la démocratisation culturelle

Première partie :

L'exemplarité de l'économie de la musique

Deuxième partie :

Culture, technologies et économie de marché

Conclusion :

Une stratégie de veille économique

Introduction - L'impact des technologies industrielles sur les activités artistiques et sur la démocratisation culturelle

Ce questionnement doit porter non seulement sur les œuvres d'art du système traditionnel des Beaux-Arts, mais aussi sur la création et les activités éditoriales de diffusion, ainsi que sur la formation des créateurs, des interprètes et des médiateurs culturels.

Ce questionnement doit également porter sur les technologies modernes, considérées sur la « longue durée », de la fin du XIX^e siècle au XXI^e siècle, en soulignant l'accélération de l'innovation après 1950.

Ce questionnement pose le problème de l'unicité des biens culturels :

- Le prix de l'œuvre d'art se détermine par référence à la théorie économique de la Valeur (1) alors même que la notion économique de rareté du bien s'efface au profit de la notion d'unicité de l'œuvre d'art. Le prix est sans rapport direct avec le coût de production, indique davantage un niveau de transaction qu'une valeur, et nécessite souvent des délais d'intégration de l'œuvre dans l'économie marchande.
- Les monuments historiques relèvent de critères de rareté, d'ancienneté, et de non-reproductibilité.
- Les biens culturels qui exigent Représentation pour trouver écho social, empruntent le médium obligé de leurs interprètes, en un lieu spécialisé (le théâtre) et dans le cadre esthétique d'une mise en scène. La mise en scène, dont la démarche esthétique est certes unique, vise néanmoins à une répétitivité limitée de la présentation de l'œuvre. Les coûts de la répétitivité doivent néanmoins être supportés pour réunir une audience raisonnable, compte tenu des contraintes matérielles et spatiales des lieux de spectacle vivant.

Ce problème de l'unicité des biens culturels a changé de nature avec le passage de l'artisanat à l'industrie de certains vecteurs de la culture savante. Il convient donc de rappeler les définitions généralement admises de ces deux modes de production :

- L'artisanat est le domaine du geste manuel répété dans le temps, du prototype unique ou en nombre très limité, dont la production est caractérisée par un coût marginal non décroissant et des gains de productivité nuls ou très faibles. Le produit issu de ce mode de production est unique ou parfois répétitif, mais non reproductible en grand nombre : son marché sera limité en volume et souvent captif.
- L'industrie est le domaine de la machine permettant de reproduire le prototype en grand nombre, en série, avec un coût marginal décroissant induisant des économies de production et avec de forts gains de productivité. Le produit issu de ce mode de production est donc reproductible et standardisé : son marché sera très élevé en volume, induisant d'importantes économies d'échelle et permettant d'importantes baisses des prix à la consommation.

A l'extension du mode de production industrielle à certains vecteurs de la culture savante, s'ajoutent les effets prévisibles de l'impact des dispositifs technologiques relevant de l'interactivité de contenu : fin du concept de représentation ; insertion-irruption du spectateur comme protagoniste de l'œuvre d'art comme de l'œuvre audiovisuelle ; disparition potentielle du spectacle vivant devant le triomphe de la "domotique" ; situation défavorable de la culture savante au regard du loisir-divertissement.

Si la mission patrimoniale - inventorier, analyser, protéger, restaurer, valoriser les œuvres d'art - trouve des instruments nouveaux et efficaces dans les technologies nouvelles (2), il convient surtout de souligner la succession de plus en plus rapide des phénomènes de reproductibilité :

- L'extension de la reproductibilité à des domaines esthétiques nouveaux et différents, caractérise le siècle 1850-1950. Au milieu du XIX^e siècle, la photographie, technologie nouvelle, marque la rupture entre l'art et la réalité et conduit vers les chemins de l'abstraction. A la fin du XIX^e siècle, le cinéma, nouvelle technologie, devient un art en instaurant progressivement son esthétique propre. Après la Seconde Guerre mondiale, la filière du son reproductible s'installe dans les foyers avec la haute-fidélité et la relative multiplication des lecteurs et des programmes. Depuis les années 1950-1960, la filière-image se conjugue à la filière du son en un renouvellement constant des générations de matériels.
- Les technologies instaurent et développent exponentiellement la diffusion massive des produits culturels. Les supports techniques sont vecteurs de diffusion massive car fondés sur la rationalisation et la standardisation. La diffusion massive a un prix pour les publics (la standardisation des produits) et pour les professionnels (la substitution croissante du capital au travail).
- Les loisirs industriels, conséquence totalement logique de la reproductibilité, constituent, dans un contexte de temps de non-travail croissant, une concurrence redoutable pour les vecteurs traditionnels et bien établis de la culture savante. Le « pattern » de divertissement (parcs de loisirs, de Disneyland à Aqualand ; sports et activités dites de convivialité) s'inscrit, contrairement à la majorité des vecteurs de la culture savante, dans la logique de l'économie marchande. Ses difficultés (aléas du retour sur des investissements qu'il est impératif de renouveler constamment ; lourds frais financiers ; échecs relatifs des politiques de marketing) ne sont finalement que le lot quotidien de la gestion capitaliste, alors que l'ampleur de son marché effectif et potentiel autorise la pratique de politiques tarifaires dévastatrices pour nombre de manifestations de la culture savante.
- Le développement des produits industriels « culturalisés » constitue l'ultime conséquence de la reproductibilité. Si la création industrielle a eu pour ambition de rétablir le lien conception/exécution rompu par le taylorisme, de réintroduire la création artistique dans les objets visuels, si le design recherche l'adéquation forme/matière/fonction afin de créer des styles, la culture de l'objet industriel, technologique, ne peut occulter quelques paradoxes significatifs : l'objet de consommation immédiate devient l'objet de collection ; le produit industriel usuel est muséifié de son vivant ; le bien reproductible par essence devient pièce unique.
- L'objectif des stratégies de démocratisation culturelle est de mettre à la disposition du plus grand nombre les œuvres majeures de l'esprit, en diffusant, au delà du petit cercle de connaisseurs, la haute-culture. Cette mission bénéficie de fondements juridiques (3) et d'un large consensus dans les appareils politiques et administratifs et, semble-t-il,

dans une partie non négligeable de l'opinion pour laquelle « se cultiver, se substituerait à la problématique du salut religieux et/ou idéologique » (4)

Les moyens mis en œuvre apparaissent importants, croissants sur trente ans et pérennisés au delà des changements de majorité politique. Dépasant, en 1993, 90 Milliards de Francs (5), les dépenses culturelles de l'ensemble des Collectivités Publiques françaises, financent une offre très considérable de biens et de services culturels (6) créés, produits, distribués et médiatisés, par les ressources humaines non négligeables du ministère de la Culture, de ses établissements publics, et des industries culturelles.

Néanmoins, les enquêtes sur longue période révèlent davantage la baisse ou la stagnation des pratiques de la culture savante (7), et, donc, la pérennité des déterminismes fondamentaux que la stratégie de démocratisation culturelle se proposait d'éradiquer. Disponible à travers le réseau des institutions culturelles publiques et à travers les marchés des industries culturelles, la culture savante n'est pas encore accessible à tous.

Au-delà des difficultés du système scolaire à initier à la culture savante, des interrogations sur la capacité de nature de la télévision à y suppléer, l'impact décisif, fondamental, est celui des technologies. Elles fabriquent des pratiques culturelles et des loisirs dont le champ et les usagers échappent à l'action volontariste des pouvoirs publics. La tendance à la hausse des prix réels à la consommation des vecteurs de la culture savante et à la baisse des prix des produits des industries culturelles qui présentent, en outre, l'avantage de s'adapter aux conditions de vie concrètes de la majeure partie des individus, confirment cette influence décisive des technologies.

Première partie - L'exemplarité de l'économie de la musique

I.1. Les nouvelles logiques des matériels

La médiatisation technologique du phénomène musical est une révolution déjà ancienne, qui s'est incarnée dans la succession des découvertes scientifiques et de leurs applications industrielles au cours du XXème siècle. La possibilité même d'une médiatisation du phénomène musical résulta de la technique de la reproduction et de la technique de la télétransmission, conquêtes scientifiques qui ont libéré la production et la diffusion du phénomène musical des deux contraintes traditionnelles de l'espace et du temps. La technique de la reproduction mit fin à la simultanéité, jadis nécessaire, entre la production du phénomène musical et sa consommation. La technique de la télétransmission permit la consommation musicale à distance, en direct ou en différé. Ces deux techniques mirent un terme à l'exclusivité absolue du spectacle vivant dans la production et la consommation musicales et favorisèrent divers processus de stockage du phénomène musical détruisant l'exclusivité du travail humain dans la production musicale.

Les innovations technologiques du dernier tiers du XXème siècle ont instauré de nouvelles logiques, déterminées par les systèmes de matériels, professionnel et grand public, destinés à la production, à la diffusion et à la consommation de la musique. Produisant et diffusant l'immatériel le plus « pur », ces nouvelles « logiques des matériels » ont permis l'appropriation générale d'un son parfait et éternel (le Compact Disc), les fiançailles du son et

de l'image (le Compact Disc Vidéo), et ont inauguré la possibilité de la transformation du son en matériau informatique. L'ensemble de ces mutations a bouleversé les conditions même d'existence du phénomène musical.

L'incidence des outils technologiques sur la création musicale est une question propre à la seconde partie du XX^e siècle, puisque la rupture radicale dans le domaine de la musique savante fut introduite, dans les années 1910, par l'Ecole de Vienne dans une démarche totalement autonome de toute technologie. La problématique actuelle est donc de savoir si les créateurs de la fin du XX^e siècle seront en mesure de conduire des changements esthétiques autonomes des technologies présentes et futures ou si celles-ci sont dorénavant le vecteur obligé de toute création musicale savante.

Aujourd'hui, en effet, le son n'est plus exclusivement imaginé, pensé, façonné et fixé par le seul compositeur. Il est devenu modulable par chacun, chaque interprète, chaque consommateur. La famille des instruments domestiques et des instruments robots (8) inaugure l'« auto-production » de musique, indépendante du cercle des producteurs spécialisés (les compositeurs) et des consommateurs avertis (les mélomanes). La miniaturisation des équipements électroniques met à la disposition de chacun les moyens les plus sophistiqués et les plus lourds. Les outils technologiques de fabrication des sons organisés mettent fin à l'exclusivité, à l'originalité du génie spécialisé dans la production des sons, puisque chacun peut « créer » de la musique à sa guise, en fonction de ses besoins grâce aux machines mises à la disposition de tous par les ingénieurs. Le son n'est plus instauré par le compositeur ou modelé par son interprète mais fabriqué en fonction des désirs prêtés au public, travaillé en fonction des stratégies de marketing fondées sur les goûts analysés ou supposés des cibles visées. Le son devient ainsi un facteur de production intégré à l'ensemble des facteurs concourant à la fabrication du produit musical.

Devenues hégémoniques à la fin de ce siècle, ces nouvelles logiques des matériels mettent fin à la dichotomie traditionnelle entre l'acoustique naturelle et l'acoustique artificielle. Elles mettent un terme à la dichotomie entre les musiciens et les techniciens de la musique. Fonctions et responsabilités respectives des uns et des autres tendent à se diluer dans les métiers de l'ingénierie du son mettant en œuvre les diverses virtualités de l'interface musique/technologie, où le son est souvent subordonné à l'illustration, à la description des sentiments et des affects portés par l'image. Ces développements continus des matériels peuvent conduire toute production musicale à être pré-déterminée (pre-set) par les constructeurs de matériels, eux-mêmes soumis au rythme de plus en plus accéléré de mise sur le marché de matériels nouveaux.

Questionnant la nature même de la création musicale, ces nouvelles logiques des matériels ont également transformé les conditions de la perception individuelle et collective du premier vecteur de la diffusion musicale dans le grand public : les phonogrammes. Durant une première phase, le phonogramme est, à la fois, un outil de légitimation ultime d'artistes déjà consacrés à la scène et un outil d'accès à des œuvres que le spectacle vivant ne peut offrir à tous. La fidélité du son reproduit est certes incomplète, contestable, mais la reproduction ne modifie pas, à partir d'un certain seuil technique, le contenu esthétique des moments de cet « âge d'or » (1948-1960). Une deuxième phase s'ouvre à partir des années 60, lorsque l'on constate le renversement des vecteurs de consécration des interprètes (le disque au lieu de la scène) et un recours croissant au montage audiovisuel, qui dépossède les interprètes comme le montage cinématographique avait dépossédé les acteurs. La troisième phase se concrétise dans les années 80, lorsque apparaissent et se figent les configurations actuelles, caractérisées

par le triomphe définitif des techniques de reproduction au détriment des lieux de spectacle vivant, techniques à la disposition instantanée de l'individu dans l'intimité du foyer comme dans l'ensemble des lieux publics et réseaux de circulation (restaurants, banques, outils de transports, ascenseurs...).

I.2. Les nouvelles configurations d'écoute

Ces nouvelles logiques des matériels à l'œuvre durant les années 80 ont incontestablement révolutionné les conditions de la consommation musicale des individus. Conçus, produits et diffusés selon les normes de l'économie marchande, les matériels vecteurs des innovations technologiques ont apporté la musique au domicile et l'ont intégrée à tous les actes de la vie quotidienne. La concurrence par les prix, qui caractérise l'économie marchande, entraîne une baisse cumulative des prix relatifs des machines et des programmes.

La réduction croissante de la taille des équipements comme les progrès rapides de leur maniabilité ont contribué au développement très considérable de l'équipement musical à domicile, tandis que leur nouvelle mobilité leur a permis d'accompagner l'individu dans ses déplacements hors de son domicile. Ces nouvelles logiques des matériels ont permis, phénomène nouveau, une pénétration de tous les genres musicaux dans toutes les catégories de population. La consommation musicale des individus a été libérée, non seulement de la contrainte ancienne des lieux spécialisés affectés à la diffusion de la musique, mais aussi des contraintes qui affectaient traditionnellement la gestion de leur temps libre.

Les institutions de représentation des spectacles vivants musicaux connaissent de fortes hausses de coûts, générées par la pénétration des technologies nouvelles, hausses exogènes mais cumulatives aux effets de la Loi de Baumol, qui attribue leurs déficits inévitables et toujours croissants à l'impossibilité d'automatiser leur production artistique. Ces institutions de représentation subissent, en même temps, une baisse de fréquentation dont le prix des places et les concurrences des produits diffusés à domicile sont deux paramètres essentiels. Leurs publics traditionnels apparaissent souvent désorientés par la remise en cause, fréquente à compter des années 80, des acoustiques naturelles (9) et des configurations traditionnelles. Si l'exclusivité du lieu affecté à la production et la consommation de musique avait été remise en cause dès les années 30, sa place, encore privilégiée dans les années 50 et 60, apparaît désormais minoritaire, voire dépassée. L'« explosion », la multiplication à l'infini des lieux et des occasions où consommer de la musique condamnent, à terme, la fonction spécifique de la salle de spectacle alors même que les espaces géographiques lui ayant donné vie et prestige apparaissent minorés et contestés dans la perspective d'une écoute globale, « universelle », de phénomènes musicaux diffusés à l'échelle de toute la planète (10).

Les conquêtes des technologies de reproduction de la musique ont ainsi radicalement transformé la perception individuelle et collective des phénomènes musicaux. Ces conquêtes ont permis des progrès incontestables. La musique est désormais accessible à tous les individus susceptibles d'acquérir les supports matériels les dispensant de la maîtrise des codes de la partition. Les supports de reproduction ont témoigné de progrès constants puis exponentiels dans leur fidélité, leur durée d'écoute, leur facilité de conservation, de manipulation et de transport. La totalité des matériels et supports musicaux s'est adaptée aux styles de vie et de travail de la majorité des consommateurs potentiels des pays développés. L'ensemble de ces conquêtes technologiques ont transformé les dimensions mêmes du marché

de la musique et mis en évidence la différence de nature entre le nombre potentiel limité des spectateurs de musiques représentées et le nombre virtuellement illimité des auditeurs de musiques reproduites.

I.3. La musique en économie marchande

Ces conquêtes technologiques ont transformé la musique, qui était une *activité artisanale*, en une *industrie* produisant des biens manufacturés en série, c'est-à-dire uniformisés et standardisés, dans le but d'en faire baisser les coûts marginaux.

A l'heure de la domination du stade industriel, la production et la consommation de musique sont distinctes dans l'espace et le temps. Il en résulte une liberté, totalement nouvelle pour le consommateur, de choisir le genre de musique qu'il souhaite écouter, ainsi que le moment, le lieu, la durée et la fréquence de ses actes de consommation musicale. L'écoute est extensive, continue, quotidienne, au risque d'une banalisation et d'une audition concomitante de la pratique d'autres activités dont témoigne la femme au foyer, cible préférée des radios périphériques. L'écoute à domicile des supports électroniques permet à l'individu de « butiner » dans le pot commun de la musique sans hiérarchie des urgences personnelles et des données esthétiques. La disponibilité vingt-quatre heures sur vingt-quatre d'un environnement musical où piocher constitue la musique en un stock à domicile, à faible coût, à l'égard duquel l'implication personnelle se réduit souvent à l'acte consistant à presser une touche.

L'analyse macro-économique introduit une dichotomie essentielle dans les activités musicales. Dans le secteur marchand soumis à la rationalité économique, le marché décèle la possibilité de production de masse et d'économies d'échelle permettant de fixer un prix de vente accessible au plus grand nombre. Dans le secteur non marchand, le prix de revient du produit est très supérieur au prix de vente raisonnablement attendu compte tenu du nombre de consommateurs potentiels. Cette dichotomie macro-économique recoupe largement la dichotomie du lieu de consommation des phénomènes musicaux, puisque les produits musicaux consommés à domicile sont majoritairement ceux du secteur marchand, que les différences de prix d'accès tendent à marginaliser (11).

La musique à dominante populaire devient un produit de plus en plus segmenté. Les transferts constatés sur la période 1983-1993 illustrent la redistribution intervenue dans les droits perçus par la S.A.C.E.M. Dans le contexte global d'un doublement en francs courants des droits perçus, les médias audiovisuels progressent de six points au détriment de la diffusion publique de musique enregistrée, tandis que la part des spectacles vivants et du cinéma continue de décroître.

Les marchés de la musique se restructurent brutalement, puisque les ventes des divers phonogrammes en France révèlent, dès la période 1987-1990, les structures actuelles du marché : mort clinique du 33 tours et du 45 tours vinyles et progression foudroyante du disque compact qui dépassent quarante millions d'unités en 1989, pour doubler entre cette date et 1993.

L'instrument de musique est devenu un produit de série : les chaînes de fabrication industrielle permettent à Yamaha de sortir un piano droit toutes les soixante-dix sept secondes, et un

piano à queue toutes les six minutes, rythme qui indique l'ampleur d'un marché ciblé qui s'appuie sur un très vaste réseau d'enseignement incitant élèves et parents à la consommation des divers produits du groupe (12).

Toute ambition de constituer, de développer et de pérenniser une entreprise de programmes sonores passe désormais par la constitution de groupes d'« électronique grand public », de dimension mondiale, dont les stratégies de *vente* sont nécessairement prioritaires sur les stratégies de *création*, et tendent à marginaliser le phénomène musical au sein de l'ensemble des marchés du groupe. L'innovation induit et impose une révolution permanente par la mise sur le marché de produits nouveaux avant même la fin du cycle de vie du produit précédent. La concurrence entre D.C.C. et M.D. occulte la probabilité d'un standard unique, dans la mesure où la multiplication des formats des lecteurs et des phonogrammes entraîne l'attentisme de consommateurs concernés avant tout par le catalogue des programmes, et où les groupes concurrents partageront les profits grâce à un système de licences croisées (13).

Devenue produit stockable et reproductible à l'infini, présentée comme produit « parfait », « éternel », et favorisant l'exigence d'autonomie du consommateur moderne, la musique, *phénomène industriel*, est condamnée à une rotation rapide des produits pour amortir d'importants investissements, et, par là même, à la concentration de l'offre dans toutes ses activités. Le marché mondial de la musique enregistrée, en progression constante, atteint trente milliards de dollars en 1993, et témoigne de fortes concentrations aux Etats-Unis (32% du marché mondial) et au Japon (16,7% du marché mondial), concentrations qui soulignent la position devenue secondaire des pays de forte tradition classique : Allemagne (8,8%), France (6,3%), Royaume-Uni (6,5%) (14). Cette redistribution se lit aussi dans la consommation musicale par habitant et par an : Singapour, Taïwan et la Corée du Sud précèdent l'Autriche et l'Allemagne ; le Japon et la Suède devancent l'Italie (15).

Les stratégies de commercialisation menées par des opérateurs économiques sur les diverses musiques de rébellion, regroupées sous le vocable de « world music », démontrent que la culture musicale dominante dans le monde développé n'est plus la musique savante. Le phénomène de mondialisation de la musique ne se traduit plus par l'expansion, par l'impérialisme, par la généralisation des formes de la seule musique savante à l'ensemble de la planète. La mondialisation des techniques a eu pour effet de promouvoir les autres musiques, jugées non seulement plus spectaculaires et plus consensuelles par les ingénieurs artistiques, mais aussi plus rentables par les gestionnaires financiers. Ces autres musiques sont, en effet, portées par des technologies leur conférant une audience potentiellement illimitée, un écho véritablement planétaire, une présence au monde qu'aucune catégorie des musiques populaires du passé n'a pu recueillir. Ces autres musiques bénéficient d'un volume de production, d'une diffusion commerciale et d'une légitimation sociale qui expliquent leur part dorénavant prépondérante dans les investissements de l'industrie privée et dans les dépenses des ménages.

Cette minoration du statut de la musique savante au sein du champ musical apparaît le signe de l'instrumentalisation du phénomène musical dans la vie sociale des sociétés développées. L'extrapolation des tendances lourdes actuelles permet de prévoir un accroissement de la domination du processus de mise en scène visuelle de la musique et de dématérialisation des programmes musicaux conduisant à terme à une disparition de l'objet phonogramme au profit d'un juke-box individuel relié à une banque de données tenant informatiquement le « compte musique » de chaque individu.

La liberté nouvelle du consommateur a induit une redistribution des équilibres du champ musical. **Les technologies, longtemps pensées comme simples instruments et outils passifs, imposent leur logique propre en structurant l'organisation économique des phénomènes musicaux.**

Ainsi, le paradigme technologique triomphe. La technologie détermine les conditions de création et de consommation esthétiques du phénomène musical. La technologie détermine les conditions économiques du phénomène musical.

Ce double déterminisme établit la position dominante de l'individu comme programmeur autonome de ses besoins. Issu de la technologie et suscitant, rencontrant et confortant la force de l'individualisme postmoderne, ce double déterminisme a imposé une redistribution radicale des équilibres du champ musical.

Deuxième partie - Culture, technologies et économie de marché

I.1. La synergie nouvelle économie et culture

- La problématique économie et culture fut longtemps un champ tabou, non exploré, trahissant un antagonisme traditionnel défini par un double procès. L'économiste accusait la culture d'échapper à la théorie fondamentale de la Valeur, de témoigner de déséquilibres structurels entre l'offre et la demande, et de concerner des produits « superflus et somptuaires » rebelles aux lois de la série caractérisant les processus industriels. L'homme de culture dénonçait la finalité mercantile de l'économie, et sa prétention à vouloir mettre en œuvre des règles de rationalité (c'est-à-dire de gestion) dans le domaine de l'imaginaire et du rêve.

L'indifférence, voire l'hostilité, des grands économistes du passé témoigne de cette exclusion réciproque. Adam Smith voit dans le produit culturel un produit qui s'évanouit au moment même de sa production, tels les mots du comédien ou les notes du chanteur. Karl Marx reconnaît comme travailleur culturel productif celui qui produit du capital, telle la cantatrice qui, par son chant, constitue le capital de son impresario, ou aujourd'hui la rock-star. Alfred Marschall juge les activités culturelles improductives, ludiques et somptuaires, même s'il note que l'utilité marginale des biens culturels (la satisfaction qu'ils apportent) est croissante, contrairement aux autres biens de consommation.

L'hégémonie contemporaine de la science économique tend cependant à ériger l'économie de la culture en grille de lecture pertinente. Depuis au moins une décennie, la fin de cette guerre froide et l'instauration d'un dialogue constructif, ont initié une ère de coopération qui exalte les synergies entre économie et culture.

La science économique permet de cerner les caractères de la consommation culturelle en soulignant le risque pesant sur le consommateur puisque nombre de biens culturels ne peuvent être testés avant achat ou consommation. Elle permet de cerner les spécificités des industries culturelles par rapport aux autres industries, et notamment les conditions particulières de formation du profit qui les caractérisent.

Elle permet de comparer les effets respectifs des politiques publiques de dépense budgétaire et de dépense fiscale. Elle permet une classification des biens et services culturels en retenant leur lieu de consommation (16), leur fonction (création ; diffusion ; formation ; administration) leur nature marchande ou non marchande (17).

- Les retombées économiques positives incontestables des activités culturelles (création et préservation d'emplois publics et privés ; apports à l'équilibre de la balance des paiements ; produits d'appel pour le changement d'image d'une collectivité publique) permettent d'analyser les aides publiques à la culture comme un investissement.

En 1997 les retombées économiques du Festival de Salzbourg pouvaient s'analyser de la façon suivante (source : Le Monde, 9 et 10/8/98, A.Lompech) :

4000 emplois dont 2948 artistiques.

Fréquentation du 19/7 au 31/8 : 212 760 spectateurs (dont 75% étrangers), taux de fréquentation : 93,3%.

174 représentations (9 opéras, 4 pièces de théâtre, 67 concerts).

Budget total	
Subventions publiques	65 millions de francs
Recettes billetterie	150 millions de francs
Droits Radio-TV	85 millions de francs
Total recettes commerciales	235 millions de francs
Taux d'autofinancement	78%

Selon la chambre économique de Salzbourg, les recettes supplémentaires pour l'ensemble de l'Autriche furent de l'ordre de 1,2 milliards de francs pour un investissement public en 1997 de 66 millions de francs.

L'avis du Conseil Économique et Social : « l'impact et l'apport des événements culturels dans le développement local et régional » souligne avec raison que la « richesse d'un grand pays ou d'une petite ville ne se mesure pas, ne se mesure plus, par la seule évaluation de l'industrie, de l'agriculture, des commerces et des services. L'impondérable culture, la conquérante action culturelle ont ouvert, créé, développé une nouvelle et considérable part de marché».

Tout événement culturel peut « être un facteur de cohésion sociale, d'intégration des jeunes en difficulté, de lutte contre l'exclusion».

« Le critère culturel peut être le plus qui peut faire pencher la balance entre deux villes en compétition pour l'implantation d'entreprises ».

- Cette prise de conscience se traduit également dans la nouvelle approche du Parti Travailleiste depuis son accession au pouvoir en Grande-Bretagne. Le Premier Ministre, Tony Blair, remarquait en 1997 que « la musique Rock et la mode sont aujourd'hui plus gros employeurs que l'automobile ou la sidérurgie » et Chris Smith,

Ministre de la culture, des médias et des sports, que la culture, les sports et le tourisme, représentaient un pourcentage du PNB supérieur à la totalité de l'industrie.

Les Arts et la high tech apparaissent un gisement de profits et d'emplois fondé sur la créativité générant une nouvelle image de la Grande-Bretagne, « young and cool Britannia », et caractérisant les nouveaux secteurs de croissance (18)

	CA en milliards de francs	Emplois
	156	125 000
	130	....
Edition	78	240 000
Design	75	355 000
Logiciels	60	60 000
Mode	60	60 000
TV, radio	43	....
Publicité	43	....
Musique	43	....
Films	26	115 000
Architecture	26	115 000
Jeux informatiques	20	33 000
	12,5	30 000
	0,9	80 000
Total	601,5	1.128 000

Le marché mondial des phonogrammes illustre parfaitement l'importance et la profondeur de la mutation qui s'opère au profit des industries de l'imaginaire.

Marché mondial des phonogrammes
(1995 - sources IFPI, cité par le Monde du 10.09.98)

Europe	80,6 milliards de francs
dont France	13,8 milliards de francs
Grande Bretagne	16,2 milliards de francs
Allemagne	19,2 milliards de francs
Pays-Bas	4 milliards de francs
Italie	3,8 milliards de francs
Amérique du Nord	79,2 milliards de francs
dont USA	73,8 milliards de francs
Canada	5,4 milliards de francs
Amérique Latine	15 milliards de francs

dont Brésil	8,3 milliards de francs
Asie dont Japon	54,6 milliards de francs 40,2 milliards de francs
Autres	9,6 milliards de francs
Total général	239 milliards de francs

Seagram, groupe canadien dont les métiers de base sont les vins et les spiritueux (whisky, Chivas, Cognac, Martell), rachète à Philips en mai 1998 pour 60 milliards de francs, **Polygram**, premier éditeur mondial de musique (CA de 33 milliards de francs). Possédant déjà les studios de cinéma Universal, Seagram devient le numéro 2 de l'industrie du spectacle derrière Disney. La vente de la marque « Tropicana », première marque mondiale de jus de fruit, permettra de financer l'acquisition de Polygram. On constate donc que les métiers de base de Seagram ne représentent plus que 30% de son chiffre d'affaires, cette restructuration s'opérant au profit des industries de l'imaginaire (phonogrammes et catalogues de l'entertainment audiovisuel) qui représentent désormais 70% du chiffre d'affaires du groupe, soit 72 milliards de francs.

I.2. Quelques repères chiffrés sur le poids économique des biens et services culturels

Sources

- *Chiffres clés de la culture, Edition 1997, la Documentation française.* J. Carbona et C. Lacroix.
- *Statistiques de la Culture en Europe, premiers éléments.* Commission européenne DG.X et Ministère français de la Culture, Département des Etudes et la Prospective, 1996.
- Le choix des données et leur présentation sont le fait de Bernard Bovier-Lapierre, auteur de ce texte.
- Le calcul du chiffre d'affaires du secteur patrimonial, des enseignements artistiques et d'une grande partie des activités de spectacle vivant, est, en l'état actuel de la recherche, impossible à estimer de façon sérieuse, compte tenu des difficultés à définir la part d'autofinancement réel de ces activités, c'est à dire le montant des ressources qu'elles trouvent sur le marché.
-

I.2.a. Les grands agrégats :

Dépenses publiques (a) dont dépenses budgétaires dont dépenses fiscales	93 milliards de francs 83,3 milliards de francs 9,7 milliards de francs
Dépenses des ménages français pour les biens et services culturels (b) dont Audiovisuel	186,4 milliards de francs 80,7 milliards de francs (43,3%) 65,7 milliards de francs (35,2%)

dont Écrit dont Spectacles hors du domicile dont Antiquités	24 milliards de francs (13%) 11 milliards de francs (6%)
Dépenses culturelles nationales (a+b)	280 milliards de francs
Solde de la balance des paiements des biens et services culturels (hors cinéma et audiovisuel)	+ 0,6 milliards de francs
Emplois	412 000 (plus de nombreux intermittents multi-employeurs dans l'audiovisuel et le spectacle vivant)

I.2.b. Synthèse des « out-puts » des biens et services culturels (fréquentation/et/ou production)

Monuments historiques	10,5 millions de visiteurs
Musées	> 27 millions de visiteurs
Bibliothèques publiques	14 millions lecteurs/inscrits
Edition	413 millions d'exemplaires - 46.000 titres
Presse	8,2 millions d'exemplaires - 3170 titres
Spectacles vivants musicaux	>2300 représentations 2 millions de spectateurs
Spectacles vivants dramatiques	27500 représentations 7 millions de spectateurs
Cinéma en salle	136,3 millions de spectateurs
Phonogrammes	134 longs métrages français
Vidéo cassettes	146,7 millions d'exemplaires
Enseignements artistiques spécialisés	48,8 millions d'unités 547 700 élèves
Tourisme (le calcul des sites proprement culturels reste à être opéré)	(le calcul des sites proprement culturels reste à être opéré) 67 millions de visiteurs CA : 700 Milliards Francs, 600.000 emplois Excédent commercial : 66 Milliards de Francs

I.2.c. Synthèse des activités culturelles marchandes (1996)

Activités	Chiffre d'affaires (Milliards de Francs)
------------------	---

Galleries d'art	2,2
Commissaires-Priseurs	7,8
Edition	16,4
Presse	59
Edition et reproduction sonore	9,7
Facture instrumentale	3,3
	71,3
Audiovisuel (95)	4,75
dont Cinéma salles (96)	3,68
dont Vidéocassettes (96)	11
dont France Télévision (97)	10,3
Agrégats des totaux	170 milliards de francs

Note : Les données relatives aux recettes comm

erciales des institutions culturelles du secteur subventionné restent parcellaires.

- Théâtres dramatiques subventionnés 533 MF
- 13 théâtres lyriques RTL-MF 144 MF
- Opéra de Paris N/D
- Orchestres subventionnés N/D
- Musées et monuments historiques N/D
- Institutions de lecture publique N/D
- Institutions d'enseignement spécialisé N/D

I.3. La décision culturelle publique en économie de marché

• Il convient d'observer combien la décision publique dans le domaine culturel est désormais confrontée à l'emprise croissante de l'économie marchande. La décision publique, s'exprimant dans la diversité des politiques culturelles publiques, constituait une médiation privilégiée, voire monopolistique. Elle est désormais fortement concurrencée, voire contrebattue, par les instances et les processus de médiation directement issus des marchés. A la médiation pensée, initiée et menée par les instances publiques, se substitue chaque jour davantage la médiation produite et promue par les mécanismes d'un marché mondialisé.

• A cet égard, il convient de s'interroger sur les conséquences de l'accord du GATT et du Traité de Marrakech. La signature de l'accord du 15 décembre 1993 a été présentée comme une victoire française sur l'audiovisuel alors que le gouvernement français a signé l'ensemble

des dispositions de l'Uruguay Round, toute l'ambiguïté portant sur l'expression « exclusion » de l'audiovisuel, employée en France comme homonyme d'« exception ».

Une étude attentive du vocabulaire propre aux négociations du GATT ou des organisations aux mêmes finalités, montre combien les différences sémantiques induisent et traduisent des réalités et des politiques totalement opposées :

- L'exclusion : ce terme employé dans le Traité ALENA (liant les Etats-Unis, le Canada, le Mexique) signifie exemption des industries culturelles canadiennes explicitement citées dans le corps du Traité auxquelles les dispositions libre-échangistes de l'ALENA ne s'appliquent pas.
- L'exception prévue à l'article 14 du GATT relève d'une liste d'exceptions générale relatives à l'ordre public, à la protection des mineurs, à la santé publique, etc, « motifs » pour lesquels le libre-échange ne s'applique pas. Considérer que les aspects culturels (de la Culture marchande) relevaient des exceptions de l'article 14, n'aurait offert aucune sécurité juridique et portait le risque d'une guérilla permanente.
- La spécificité culturelle défendue par Léon Brittan avait pour but déclaré de « faire rentrer la Culture dans le GATT pour la protéger ». Il s'agissait d'intégrer les biens culturels (vecteurs de la Culture savante) dans la logique libre-échangiste du GATT pour « acheter du temps », sans toutefois garantir définitivement la pérennité des dispositifs protectionnistes, notamment français, en matière de cinéma et audiovisuel.

Les négociateurs européens et américains ont constaté le 15 décembre 1993 un non-accord qui avait, à court terme, les mérites suivants :

- a. permettre de déroger à la règle horizontale du GATT (clause de la nation la plus favorisée) et donc permettre à l'avenir une réglementation communautaire en matière de N.T.I.,
- b. permettre de déroger aux règles sectorielles du GATT (Traitement national; accès aux marchés) et donc éviter à l'Union européenne de faire des offres de libéralisation, c'est-à-dire de dévoiler le détail de ses dispositifs protectionnistes aux américains.

Les cinq objectifs de l'Uruguay Round (19) traduisent la logique fondamentale des négociations du GATT : la logique du libre-échange contre le protectionnisme ; la logique d'Adam Smith contre Frédéric List (protectionnisme temporaire nécessaire pour construire et « muscler » les économies nationales). Cette pétition de principe libre-échangiste s'appuie sur les statistiques des décennies 1950-70 relatives au développement de la production et des échanges internationaux et établissant un lien incontournable entre le libre échange et une forte croissance.

L'argumentaire axiomatique et « éthique » qu'entend fonder l'« exception » culturelle au profit des industries culturelles du cinéma et de l'audiovisuel, développe, organise et structure la chaîne de causalité suivante :

- l'œuvre d'art (cinématographique et/ou audiovisuelle) ne peut être considérée comme une marchandise, un produit,

- les biens culturels sont hors commerce car il y a incompatibilité éthique entre l'art et le commerce,
- la protection de la loi doit être assurée aux œuvres de l'esprit et se traduire dans un volontarisme culturel de la collectivité publique.

Le traité de Marrakech du 15 avril 1994, créant l'Organisation Mondiale du Commerce se présente comme l'étape ultime du GATT (baisse finale des droits de douane; démantèlement de l'accord multifibre) et son dépassement, puisqu'il substitue un authentique multilatéralisme (où les sanctions sont décidées à la majorité) à la règle du consensus qui caractérisait le GATT. Néanmoins sa signature fut suivie d'un retour en force de l'unilatéralisme : législation extra-territoriale américaine avec les lois Helms-Burton, Amato-Kennedy ; clause sociale opposant l'Union européenne et les pays en voie de développement. La conférence de Singapour (12 décembre 1996) tenta d'instaurer un « unilatéralisme concerté », notamment sur l'exception socio-culturelle des PVD (Pays en Voie de Développement), le traitement des différends commerciaux, la clause sociale et l'Accord sur les Nouvelles Technologies (A.T.I.) entre les Etats-Unis et l'Union européenne.

Le GATT, organisation « consensuelle », est devenu avec l'OMC un traité international où l'application des principes du libre-échange demeure marquée par le jeu des rapports de force entre les Etats et/ou ensembles économiques régionaux. Dans ce contexte, il conviendra de mesurer les chances de voir respecter, en droit ou de facto, l'exception culturelle revendiquée par l'ensemble des responsables politiques et professionnels français.

Conclusion

Pour une stratégie de veille économique

Il convient de souligner que tout produit, qu'il relève de la consommation courante, triviale ou au contraire de la consommation symbolique, « noble », exprime l'imaginaire des individus conditionnés ou non par la publicité.

Il convient de souligner que la diffusion dominante d'un mode de vie est globale et renforce la pénétration et la domination de tous les types de produits traduisant ce mode de vie, comme l'ont montré :

- le cinéma américain en Europe après 1945,
- l'importance du « look » dans la diffusion de la World Music et le succès de ses stars, vecteurs et « enseignes » de modes vestimentaires;

- l'impact de la musique américaine dans la pénétration économique des produits américains de la consommation courante (Mac Donald, Coca-Cola) dans les pays d'Europe centrale après 1991.

C'est pourquoi toute politique volontariste de la collectivité nationale sur les marchés de l'imaginaire, les marchés de l'immatériel qui définit le plus petit dénominateur commun des diverses industries culturelles, impose d'étendre à ce secteur les principes de la veille économique.

Cette stratégie ne répond pas à quelque mode soudaine mais à une exigence constante, éprouvée et cohérente :

- Savoir et donc analyser les concepts sous-tendant l'action des concurrents;
- Énoncer ses propres stratégies et définir les vecteurs opérationnels de sa propre action.

Il est donc proposé d'instaurer, de développer, d'organiser et de pérenniser une "**veille économique**" dans la champ « Art-Science-Technologie », avec la mise en place d'une structure publique collectant ces données afin de les mettre à disposition de l'ensemble des entreprises concernées par :

- l'émergence de nouveaux besoins naissant des modifications des attitudes et modes de vie ;
- le développement et l'industrialisation des produits nouveaux répondant à ces nouveaux besoins.

Cette « veille » doit naturellement s'étendre au domaine complexe de la propriété intellectuelle et artistique (Accords du GATT, OMC, perspectives de l'Accord Multi Investissements et du New Transatlantic Market) dont les aspects les plus urgents semblent être le conflit entre le principe du droit d'auteur et le principe du copyright, ainsi que la dématérialisation des circuits physiques de distribution, questions qui pourraient appeler une poursuite des travaux du présent Comité, en concertation avec les sociétés collectives de perception des droits en Europe.

Cette veille économique doit également porter sur **la concurrence dans les domaines des industries culturelles** :

- Concurrence proche dans le cadre de l'Europe des Quinze, en distinguant les discours et les politiques culturelles publiques de la réalité des stratégies et des alliances industrielles de nos partenaires, et en analysant avec rigueur leurs industries culturelles sous l'angle de la diffusion de l'innovation technologique et de ses effets sur la conquête des marchés ;
- Concurrence non européenne (USA; Japon, Chine, Nouveaux Pays Industrialisés) en distinguant l'irénisme des règles du Fair Trade des pratiques professionnelles concrètes.

Annexe

Fiches spécialisées par secteurs

- 1 - Monuments historiques
- 2 - Musées et arts plastiques
- 3 - Lecture publique, édition et presse
- 4 - Phonogrammes et vidéogrammes
- 5 - Spectacles vivants
- 6 - Cinéma et audiovisuel
- 7 - Enseignements artistiques spécialisés
- 8 - Droits d'auteur et droits voisins perçus
- 9 - Financements publics de la culture (1993)
- 10 - Commerce extérieur des biens culturels
- 11 - Professions culturelles : emplois permanents (1996)

FICHE 1 : MONUMENTS HISTORIQUES

Sur 39.000 monuments historiques classés et inscrits (de tout type et quelque soit le propriétaire), la fréquentation publique s'établit en 1996 à 10,5 millions dont :

7,99 millions dans les 93 monuments historiques appartenant à l'Etat et gérés par la Caisse Nationale des Monuments Historiques.
0,63 millions dans 8 centres culturels de rencontre.
1,76 millions dans les 62 villes dites d'Art et d'Histoire.

FICHE 2 : MUSÉES ET ARTS PLASTIQUES

Sur plus de 1100 musées existants en France, la fréquentation totale estimée (1996) de 86 musées est de l'ordre de 27 millions de visiteurs dont :

12,6 millions dans les 33 Musées Nationaux dépendant la Direction des Musées de France.
 3 millions dans 38 autres musées recevant plus de 50.000 visiteurs/an.
 5,88 millions au Centre Pompidou.
 1,46 millions dans les 13 musées de la ville de Paris.
 3,9 millions à la Cité des Sciences de l'Industrie.

FICHE 3 : LECTURE PUBLIQUE, EDITION ET PRESSE

Bibliothèques publiques :

<i>Fréquentation totale estimée 1996</i>	<i>13,7 Millions</i>
Bibliothèque Nationale de France	0,35 Million
P.I. Centre Beaubourg	3,68 Millions
93 bibliothèques universitaires	1,2 Million (inscrits)
2415 bibliothèques municipales (in villes > 2000 habitants)	6,4 Millions (inscrits)
96 bibliothèques départementales de prêt	2,7 Millions « prêts »

Edition (1996)

> 413 Millions d'exemplaires dont 185,5 Millions de nouveautés
 > 46.000 titres dont 19.200 nouveautés
 CA : 16,4 Milliards de Francs
 dont 2,3 milliards pour V.P.C
 25 firmes (sur 309) au CA > 100 MF réalisent 73% du Chiffre d'affaire total.
 Droits d'auteurs versés par les éditeurs : 1,3 Milliard de Francs

Presse (1995)

Tirage total : 8,2 millions d'exemplaires.
 3170 titres dont 1312 pour la presse technique et professionnelle
 CA : 59 Milliards de Francs (ventes : 59,5% ; publicité : 40,5%)
dont TV, loisirs, culture : 8 Milliards de Francs.
 400 entreprises de presse, > 50.000 emplois.
 Aides publiques à la Presse : 7,94 Milliards de francs

dont 7,7 Milliards de Francs de déductions fiscales.

FICHE 4 : PHONOGRAMMES ET VIDÉOGRAMMES

- 34 entreprises d'édition et de reproduction sonore, 4.300 emplois ; CA : 9,7 Milliards de Francs (1995).
- Ventes de phonogrammes et vidéogrammes (1996) : 146,7 millions d'exemplaires ; CA : 6,9 Milliards de Francs, dont :

	Millions d'exemplaires	Ca en milliards de Francs
Classique	11,5	0,63
Variétés françaises	72	3,4
Variétés internationales	63	2,9
CD audio	127,6	6
Cassettes audio	17,2	0,7
Cassettes vidéo	1,1	0,2

FICHE 5 : SPECTACLES VIVANTS

Institutions	Nombre de représentations	Nb de spectateurs (millions)
Opéra de Paris (96/97)	415	0,73
13 Théâtres RTLMF (1995)	876	0,68
30 orchestres (estimation)	~ 1 000	0,6
42 compagnies danse	...	...
29 festivals musique (Tous types de musique)	...	0,6
Total Musique	> 2291	> 2

5 théâtres nationaux	1 618	0,68
43 CDN et assimilés	7 878	1,83
62 Scènes nationales		
400 compagnies indépendantes	6 840	1,95
subventionnées	...	...
79 festivals		
47 théâtres privés parisiens	...	...
	11 200	2,33
Théâtre dramatique	> 27 536	> 6,8
Total spectacles vivants	29 827	> 8,8

FICHE 6: CINÉMA ET AUDIOVISUEL

- 5 248 Entreprises audiovisuelles de tout type, taille et fonctions ;
- 31 500 emplois permanents plus de très nombreux intermittents.
- CA : 1995 : 71,3 milliards de francs.

dont :

Cinéma en salle (96)	2140 lieux d'exploitations (4519 écrans et 952 000 fauteuils) 136,3 millions d'entrées Recettes : 4,75 milliards de francs. 134 longs métrages français pour un investissement de 3,3 milliards de francs.
Vidéocassettes (96)	48,8 millions d'unités pour un chiffre d'affaires de 3,68 milliards de francs dont 47, 7 millions d'unités et 3,3 milliards de francs au titre de la vente Profits de l'industrie vidéo aux USA : 94 milliards de francs (dont 25 milliards pour les vidéo pornographiques)

FICHE 7: ENSEIGNEMENTS ARTISTIQUES SPÉCIALISES

(hors Éducation nationale)

Musique et danse 4033 établissements 133 conservatoires et écoles nationales 1000 écoles municipales non agréées 3000 écoles privées	514 000 élèves 141 155 élèves 200 000 élèves 300 000 élèves
Art dramatique (95-96)	1 900 élèves
Architecture	17 888 élèves
Arts plastiques (écoles supérieures nationales, régionales et municipales)	10 300 élèves
Cinéma et audiovisuel (établissements publics seulement)	300 élèves
Métiers du patrimoine	2 279 élèves
Total général	547 000 élèves

FICHE 8 : Droits d'auteurs et droits voisins perçus par les 21 sociétés de gestion collective des droits

- 5,1 milliards en 1996, dont :
 - Droits d'auteur : 4,3 milliards de francs.
 - Droits voisins (artistes, interprètes, producteurs, de phonogrammes et producteurs audiovisuels) : 0,78 milliard de francs.
- Plus les droits gérés individuellement dans l'édition (1,3 milliard), l'audiovisuel (...) et les arts plastiques (...)

FICHE 9 : FINANCEMENT DE LA CULTURE

Financements publics de la culture (1993)

État (a) dont Ministère de la Culture Autres Ministères	37 milliards de francs (50,1%) 14,5 milliards de francs (19,6%) 20,7 milliards de francs (20,7%)
Collectivités Territoriales (b) dont Villes Départements Régions	36,9 milliards de francs (49,9 %) 30 milliards de francs (40,6%). 5,4 milliards de francs (7,3%). 1,5 milliard de francs (2%)
Total (a+b)	73,9 milliards de francs
Redevance audiovisuel public (c)	9,3 milliards de francs
Total (a+b+c)	83,2 milliards de francs de dépenses budgétaires
Dépenses fiscales (d)	9,7 milliards de francs dont 7,7 milliards de Francs pour la presse
Total (a+b+c+d) : 93 milliards de francs de dépenses publiques	

Dépenses des ménages en produits et services culturels (1996)

Audiovisuel (a) Dont Radio Télévision Appareils Son/ image Redevance et abonnements TV Phonogrammes et vidéogrammes	80,7 milliards de francs (43,3%) 5,89 milliards de francs 11,4 milliards de francs 14, 9 milliards de francs 23,6 milliards de francs 24,9 milliards de francs
Écrit (b) (imprimerie, édition, presse)	65,7 milliards de francs (35,2%)
Spectacles hors du domicile (c) Dont Cinéma Spectacles vivants	24 milliards de francs (13%) 4,79 milliards de francs 19,2 milliards de francs
Divers (d) Dont Surfaces sensibles Antiquités	15, 9 milliards de francs (8,5%) 4,9 milliards de francs 11 milliards de francs
Total général (a+b+c+d) = 186,3 milliards de francs	

FICHE 10 : le commerce extérieur des biens culturels

TYPE	EXPORT	IMPORT	SOLDE
------	--------	--------	-------

	Milliards de Francs	Milliards de Francs	Milliards de Francs
Livre	3	3.4	- 0.4
Presse	2.46	2	+ 0.46
Phonogrammes vidéogrammes	1.28	1.8	- 0.52
Edition graphique musicale	0.047	0.059	- 0.012
Facture instrumentale	0.54	0.99	- 0.45
Objets et art	2.44	0.86	+ 1.58
TOTAL	9.82	9.22	+ 0.6
Hors cinéma et audiovisuel			

FICHE 11 : Professions culturelles - emplois permanents (1996)

	145 600
	6 770
Presse, livre	
Edition et enregistrements sonores	22 780
Cinéma et vidéo	
Radio et TV	35 500
Spectacles vivants et activités artistiques	
Patrimoine	107 980
Architecture	
	44 420
	49 180
Total : 412 200 (dont 312 000 salariés)	
plus intermittents du spectacle et de l'audiovisuel.	

NOTES

(1) Dans la théorie classique de la Valeur-Travail, la valeur réside dans la quantité de travail que contient un bien, Adam Smith s'attachant à la valeur du travail (le salaire versé) et Ricardo s'attachant à la quantité de travail incorporé. Dans la théorie néo-classique de la Valeur-Utilité, la valeur est liée à la quantité de biens disponibles ; elle réside dans l'utilité, la satisfaction, que l'individu trouve dans la hiérarchie de ses choix.

(2) Banque de données et systèmes d'information sur les collections ; vidéodisque avec bornes interactives permettant la consultation sans risque des estampes et des dessins ; inventaire des richesses dispersées dans les cathédrales.

(3) Préambules des Constitutions de 1946 et de 1958 - Décrets du 24 juillet 1959 et du 10 mai 1982.

(4) Luc Ferry « Le temps de la culture », Le Monde, 29/11/90.

(5) Dépenses budgétaires (73 milliards de Francs) et dépense fiscale de l'ordre de 7 milliards de Francs (hors dépenses relatives à l'audiovisuel public).

(6) Ainsi de 1980 à 1990, le parc d'équipements culturels locaux s'est accru par création, extension et aménagement, de près de 6.000 unités, soit une progression de 35% ; Source : Chiffres Clés 1991, in Développement Culturel 1/92.

(7) Rapport Donnat : « Les pratiques Culturelles des Français » La Découverte 1990.

(8) Synthétiseurs numériques : échantillonneurs (samplers) ; claviers électroniques qui dispensent de l'encombrement du piano et permettent d'utiliser un instrument dont on ne sait pas jouer en mémorisant les sons sur un support informatique : home studios ; MIDI: « Musical Instrument Digital Interface », norme de commande des instruments numériques qui permet de bouleverser le timbre et l'amplitude du son.

(9) Ainsi du système MIDAS qui vise à reconstruire le son de façon homogène, quelle que soit la place du spectateur.

(10) Ecouter l'Afrique chez soi, comme miroir d'une culture mondialisée, constitue par exemple une preuve irréfutable de la réalité concrète du « village planétaire ».

(11) Le secteur marchand comprend les industries des phonogrammes et vidéogrammes enregistrés et vierges ; les réseaux télévisuels et radiophoniques : les spectacles vivants de musique populaire ; la facture instrumentale et l'édition graphique pour partie. Le secteur non marchand comprend les spectacles de musique savante et l'enseignement musical.

(12) Numéro un mondial de la vente d'instruments de musique avec 16,5 milliards de francs français de chiffre d'affaires en 1993, Yamaha peut ainsi sortir trois cents pianos droits et quatre vingts pianos à queue par jour. Steinway fabrique à la même époque trois mille pianos par an , contre environ cent quarante mille à Yamaha. En 1990, il se produisait plus de pianos à Hamamatsu, siège des compagnies Yamaha et Kawai, que dans le reste du monde.

(13) La D.C.C. -Digital Compact Cassette- permet la cohabitation des lecteurs et des programmes antérieurs au nouvel appareil, qui peut « lire » mais ne peut enregistrer. Ses promoteurs (Matsushita, Thomson, Philips) se fondent sur le principe de la compatibilité afin de ne pas mettre en péril le C.D. Le M.D. -Mini Disc - Sony- qui permet toutes les opérations possibles avec cassettes et magnétophones, se fonde sur le changement de format, la miniaturisation, la mobilité et le marché du nomadisme (qui représente les cinq sixièmes des acquisitions de matériels de reproduction grand public).

(14) Contre 28,8 milliards de dollars en 1992 et 26,4 milliards de dollars en 1991, le marché français représente, en 1993, 10 milliards de francs avec les droits et 6,2 milliards de francs avec les seules ventes en gros. Le marché mondial des phonogrammes classiques ne représente que 6,6% du total de 30 milliards de dollars.

(15) "L'économie de la musique", in L'Expansion, 13 août 1994. Sommes consacrées à la musique pour 1.000 francs dépensés par habitant et par an : Norvège : 4,11 ; Singapour : 3,50 ; Taïwan : 3,45 ; Pays-Bas : 3,38 ; Royaume-Uni : 3,10 ; Corée du Sud : 2,94 ; Autriche : 2,88 ; Allemagne : 2,78 ; Canada : 2,51 ; France : 2,40 ; Suisse : 2,30 ; Etats-Unis : 2,16 ; Japon : 2,05 ; Suède : 1,63 ; Italie : 0,90.

(16) Biens consommés à domicile : machines de support (hardware) et machines de contenu (software) des industries de l'image, du son de l'écrit. Biens consommés hors du domicile : archives, lecture publique,

archéologie, monuments historiques, objets classés, spectacles vivants, cinéma, enseignements artistiques, musées, galeries.

(17) Les activités marchandes sont celles dont les prototypes sont reproductibles en série : industries de l'image et du son, industries du livre et de la presse, cinéma et médias audiovisuels. Les activités non marchandes sont celles qui ne se prêtent pas, par nature, à la reproductibilité : archives, lecture publique, archéologie, monuments historiques, spectacles vivants, musées, ensemble des enseignements artistiques.

(18) National Accounts 1997, cité par Le Monde du 5.03.98 in « Le capitalisme post-industriel britannique naît des arts et de la high-tech ».

(19) Les cinq objectifs de la négociation de l'Uruguay Round :

- Ouverture de l'accès aux marchés des Etats-membres (droits de douane et obstacles non tarifaires).
- Renforcement des « disciplines » : code anti-dumping au nom du principe du « Fair Trade » ; code des subventions au nom du refus de principe des interventions publiques protectionnistes ; lutte contre la piraterie et de la contrefaçon en matière de la propriété intellectuelle et artistique.
- Règlement des différends dans un cadre multilatéral rejetant l'unilatérisme des actions de rétorsion.
- Assainissement du commerce agricole et maîtrise de la politique agricole communautaire afin d'intégrer l'agriculture dans les mécanismes du GATT puis de l'OMC.
- Libéraliser les échanges des services en les intégrant dans les mécanismes du GATT (assurances, transfert de capitaux, transports, audiovisuel).

REPÉRAGE DES RESSOURCES - Structures juridiques

Ce chapitre inventorie divers types de structures pouvant favoriser et fédérer les actions de synergie entre arts, science et technologie : contrats, ou conventions (GIS, GR, GS), groupements de droit privé (Associations, Fondations, GIE) ou public (GIP, Etablissement Public). Les critères qui pourraient servir à évaluer les divers schémas sont les suivants : capacité d'une structure à répondre efficacement aux objectifs qui lui sont posés (par exemple en mobilisant des financements, en embauchant des personnels, en contractant avec des partenaires), potentiel d'interaction avec les acteurs institutionnels du domaine (Éducation Nationale, Universités, CNRS, Ministère de la Culture, IRCAM, INA, INRIA, Télécom, Collectivités régionales, etc.), souplesse de son organisation autorisant l'innovation et la création, efficacité financière et budgétaire, et clarté de la gestion tant face aux tutelles qu'au public.

Le choix d'une structure capable de mettre en œuvre les orientations déterminées en conclusion de cette commission est fondamental. Les capacités de cette structure à répondre efficacement aux objectifs qui lui sont posés (par exemple en mobilisant des financements, en embauchant des personnels, en contractant avec des partenaires), son potentiel d'interaction avec les acteurs institutionnels du domaine (Éducation Nationale, Universités, CNRS, Ministère de la Culture, Administrations Régionales, etc.), la souplesse de son organisation autorisant l'innovation et la création, l'efficacité financière et budgétaire, ainsi que la clarté de la gestion tant face aux tutelles qu'au public, sont les critères qui pourraient servir à évaluer les divers schémas. L'urgence de certaines situations présentes, la nécessité d'une action immédiate pour insérer le projet dans une dynamique plus vaste au niveau national ou européen (le cadre européen est également actuellement le siège de mobilisations semblables), doivent trouver des réponses appropriées mais ne devraient pas engager le projet vers des solutions sans avenir. Nous examinons tout d'abord les structures juridiques à notre disposition, puis, faisant abstraction de celles-ci, nous discutons quelques formes que pourrait

prendre une nouvelle entité susceptible de fédérer les actions de synergie entre Arts, Science et Technologie.

A - les structures juridiques

Dans le document "Les instruments de coopération scientifique : les principales structures juridiques" sont présentées les diverses formes administratives que peuvent adopter des personnes réunies pour assurer des fonctions de recherche, de développement technologique et le cas échéant des activités de formation. Deux familles sont distinguées selon que ces groupements reçoivent ou non la personnalité morale. Ceux qui ne bénéficient pas de la personnalité morale sont les contrats ou conventions. Ceux qui bénéficient de la personnalité morale peuvent être de droit privé ou de droit public.

A-1. Les contrats ou conventions

On fait référence sous ces appellations aux textes régissant le droit des contrats et des obligations conventionnelles (art. 1101 et suivants). S'y rattachent les Groupements d'Intérêt Scientifiques (GIS), les Groupements de Recherche (GR), les Groupements Scientifiques (GS), structures résultant de pratiques contractuelles mais sans distinction juridique spécifique, donc ne relevant d'aucun texte légal ou réglementaire particulier.

L'organisation de ces structures est régie par le contrat qui est déterminé librement et fixe le cadre de gestion. Il est ainsi possible de créer un conseil de direction, des comités techniques ou scientifiques. Les rôles des divers contractants y sont définis (ainsi le fonctionnement du contrat peut être dissocié de son exécution et confié à un mandataire).

Le contrôleur financier ou le contrôleur d'Etat des organismes publics signataires de la convention vise le contrat en raison des engagements financiers qui en découlent. La signature du contrat ne crée pas d'entité juridique distincte ; en l'absence d'autonomie juridique et financière, il ne peut y avoir ni patrimoine propre, ni recrutement direct de personnes.

Les avantages des contrats et conventions sont la rapidité de leur mise en place et l'absence de formalisme dans la constitution et le fonctionnement. Les inconvénients sont l'absence d'autonomie juridique et financière.

A-2 Les Personnes morales de droit privé

Nous écarterons un certain nombre d'entre elles dont les statuts ne correspondent pas du tout à l'AST :

- la fondation d'entreprise,
- la société civile,
- la société en participation,
- la société à responsabilité limitée,
- l'entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée,
- la société anonyme,
- la société d'économie mixte locale,

- le groupement européen d'intérêt économique,

pour nous concentrer sur les 3 seules structures suivantes : l'association, la fondation et le groupement d'intérêt économique.

A-2-1 L'association

Elle est régie par la loi de 1901. Elle est constituée entre des personnes physiques ou morales de droit privé ayant un objet civil licite. C'est une convention. Elle est déclarée à la préfecture et insérée au Journal Officiel. Elle a une capacité juridique limitée. Cette capacité peut être accrue selon les objectifs de l'association, et culminant avec le statut " reconnue d'utilité publique ".

L'organisation et la gestion sont définies par des textes réglementaires. Le régime d'imposition relève également de textes particuliers. L'Etat peut exercer son contrôle par un contrôleur d'état et un commissaire du gouvernement lorsque l'association bénéficie de subventions.

- *Avantages :*
Formalisme de création assez simple ; capital non nécessaire ; structure souple permettant une grande variété d'activités. Elle est en particulier adaptée à la formation de réseaux ou de clubs permettant la mobilité de ses membres.
- *Limitations :*
Absence de relation entre engagement financier et capacité de décision ; structures de direction et de gestion parfois fragiles et malléables ; la responsabilité du président et du bureau est engagée face aux tiers ; les résultats en cours d'exercice et les biens après liquidation ne peuvent être répartis ; dans le cas d'association avec la fonction publique, l'association ne pas doit être soupçonnée de gestion de fait des fonds publics.

A-2-2 La fondation

Elle est régie par la loi 87-571 de juillet 87. Elle concerne des établissements privés qui acquièrent la personnalité morale par un acte de la puissance publique. Elle régit l'affectation irrévocable par des personnes physiques ou morales de biens déterminés à la réalisation d'une œuvre durable et d'intérêt général. Elle doit passer par un décret en Conseil d'Etat et la constitution d'une dotation.

Les modalités de gestion sont fixées par des textes, le régime d'imposition est spécifique. Les comptes doivent être approuvés par l'autorité préfectorale. Le contrôle de la puissance publique s'exerce par une tutelle administrative.

- *Avantages :*
Caractère pérenne de la structure et irrévocabilité de l'affectation du patrimoine ; indépendance ; avantages fiscaux.
- *Limitations :*
Obligation de constituer une dotation minimale de 5MF dont les 3/4 au moins en fonds privés ; longs délais de constitution (1 an) ; toute modification de statuts passe par décret du Conseil d'Etat.

A-2-3 Le Groupement d'Intérêt Économique (GIE)

Régi par l'ordonnance 67-821 de septembre 1967, le GIE est la mise en commun de moyens pour le développement de l'activité économique de ses membres. C'est une société morale privée, civile ou commerciale suivant l'objet poursuivi par ses membres. L'inscription au registre du commerce est nécessaire. La gestion relève du droit privé avec éventuellement la désignation d'un commissaire aux comptes. Les membres sont solidaires indéfiniment à l'égard des tiers.

- *Avantages :*
Grande souplesse des GIE permettant d'associer des partenaires divers ; pas d'immobilisation obligatoire de capital.
- *Limitations :*
Responsabilité solidaire et illimitée des membres ; réserves du Ministère de l'Intérieur pour autoriser les collectivités territoriales à participer à un GIE.

A-3 Les personnes morales de droit public

A-3-1 Le Groupement d'Intérêt Public (GIP)

Régi par la loi de juillet 1982, c'est une mise en commun de moyens pour l'exercice, entre autres, d'activités de recherche, de développement technologique ou d'enseignement supérieur. Il doit associer au moins un établissement public ayant une activité de recherche ou de développement technologique et la majorité des droits statutaires doit être détenue par le secteur public. La responsabilité des membres est non solidaire et limitée en proportion des apports.

Le GIP est souvent géré selon les règles de droit privé ; mais si des personnes morales de droit public constituent exclusivement le groupement, alors s'appliquent les règles des EPIC (cf. infra). Le contrôle de la puissance publique se fait par désignation d'un commissaire du gouvernement et d'un contrôleur d'Etat. Le GIP peut recevoir des dons déductibles.

De nombreuses analogies existent entre l'organisation et le fonctionnement des GIP et des GIE. Mais les GIP ont pour mission de réaliser des activités de recherche et d'enseignement et non des activités commerciales. Le GIP n'est constitué que de personnes morales.

- *Avantages :*
Confère au projet l'autonomie juridique et financière et la caution de la puissance publique ; mode de gestion clair et transparent ; dispose d'une direction forte.
- *Limitations :*
Règles strictes concernant les recrutements qui sont possibles avec l'autorisation de la tutelle ; création généralement longue.

A-3-2 L'établissement public

Régi par l'article 34 de la Constitution et la loi de 1982, il peut être à caractère industriel ou commercial (EPIC), à caractère administratif (EPA) ou à caractère scientifique et technique (EPST). C'est un service public doté de la personnalité morale publique. Il est créé par décret,

il est organisé autour d'un conseil d'administration déterminé en partie par la puissance publique. Pour les EPIC et les EPA un agent comptable est désigné. Les règles de la comptabilité publique s'appliquent en général. Dans les EPA, les dépenses sont contrôlées a priori par le contrôleur financier, les EPST ont un régime assoupli de contrôle financier ; dans les EPIC, le contrôleur d'Etat contrôle a posteriori les dépenses. Il existe une grande multiplicité de règles et de modalités de fonctionnement adaptées à la mission des établissements.

- Avantages :
Perennité ; inscription des crédits au budget de l'Etat. Autonomie juridique et financière.
- Limitations :
Création par une loi ou un décret ; sa création nécessite un effectif minimum de personnels. Pour les EPA et les EPST, les effectifs sont limités par le nombre de postes inscrits au budget de l'Etat.

B - La mise en place

Lorsque l'on examine le paysage de l'enseignement supérieur et de la recherche, on constate qu'indépendamment de leurs structures juridiques, des organismes se sont développés avec des formes pratiques très différentes et que, a contrario, des organismes de modes de vie très semblables relèvent de statuts juridiques différents. Ainsi, si l'on fait abstraction des structures juridiques associées, deux schémas extrêmes bornent le champ :

- ce que nous désignerons par "l'institut" et qui se caractérise schématiquement par une unité de lieu et de direction, par un statut unique des personnels, par un patrimoine et un budget identifié, etc.
- ce que nous désignerons par le "réseau", qui regroupe des équipes dispersées sur le territoire, dépendant de tutelles variées et fonctionnant sur le mode de la participation volontaire ou contractuelle.

On peut ensuite, bien sûr, envisager des solutions de mélange entre ces deux cas extrêmes. Nous allons examiner les implications pratiques de ces deux schémas dans le cas de l'AST. Nous discuterons plus loin l'exemple précis du RNRT que l'actualité nous donne en exemple. Les critères que nous garderons à l'esprit lors de cet examen, sont ceux qui nous semblent être spécifiques du domaine des nouvelles technologies appliquées aux arts :

1. tout d'abord la pérennité de la structure est indispensable au projet. Le transfert des technologies de la communication vers les milieux de la création artistique, puis vers les milieux de la valorisation de la production artistique et culturelle ensuite, passe par la formation à des métiers, par des développements d'outils technologiques et leur appropriation par des artistes. Toutes ces opérations sont à institutionnaliser et toutes réclament à s'inscrire dans la durée.

2. la relation avec les partenaires est la clef de la trans-disciplinarité sous-jacente au projet. Quelle que soit la forme retenue, il est indispensable que des contractualisations existent avec les partenaires naturels que sont : l'Université, le CNRS, le Ministère de la Culture, les collectivités locales. Elles devront permettre les

mises à disposition de personnels, de locaux et de matériels, l'accueil de chercheurs ou de stagiaires, le suivi des carrières et des promotions des personnels, la reconnaissance des formations dispensées. Les aspects de valorisation et de propriété doivent être également couverts.

3. les capacités d'accueil de la structure doivent être garanties afin de faire d'elle un lieu d'échange et de rencontre propice à la création. Cet accueil doit se placer à tous les niveaux de la formation et de la vie professionnelle : stagiaires des filières scientifiques, culturelles ou artistiques, thésards, post-docs français ou étrangers, professionnels de l'enseignement artistique venant y faire leur recherche, seniors appelés dans des séjours sabbatiques, ingénieurs du milieu industriel venant assister un développement ou importer des nouvelles technologies lors de transfert. Au delà des implications pratiques (disponibilité de locaux, de moyens de travail), cela implique une capacité de la structure à mettre en place des contrats de travail à durée déterminée ou des contrats de travail à durée indéterminée.

4. il faut accorder à cette structure une autonomie scientifique et organisationnelle suffisante pour que les freins qui s'appliquent aujourd'hui à son domaine n'obèrent pas demain son fonctionnement. Ces freins sont causés par la multiplicité des tutelles, et par l'absence de reconnaissance scientifique d'un domaine en marge de plusieurs champs scientifiques et technologiques. Il conviendra donc de définir des règles d'évaluation s'appliquant à la structure, à ses projets ainsi qu'à ses personnels.

5. les relations avec le milieu socio-économique devront faire l'objet d'une grande attention afin de protéger les créateurs et de valoriser les activités. La spécificité de la création artistique doit être d'emblée au cœur des statuts, car l'expérience montre qu'elle est mal prise en compte aujourd'hui dans les formes de contractualisation proposées aussi bien par l'Université que par le CNRS.

B-1 - Un Institut

Les avantages de ce choix sont connus : un institut regroupe généralement en un même site des personnes engagées ou détachées dans l'objectif de servir une mission décrite dans les textes fondateurs de l'institut. La structure, le statut juridique (établissement, GIP, GIE,...), le financement sont organisés dans le seul but d'atteindre cet objectif et les moyens lui sont affectés de façon prioritaire. Les effets de synergie entre des équipes proches, les capacités d'affichage en externe et de mobilisation des personnes en interne contribuent à une visibilité souvent optimale qui permet d'attirer et de retenir des chercheurs de valeur. La hiérarchie claire d'un institut permet un pilotage aisé. Sa pérennité est forte car sa "désintégration" est une opération lourde. Les personnels ont un statut explicite et les règles d'accueil sont définies.

Des inconvénients peuvent y être associés : un institut destiné à la recherche et à l'enseignement peut devenir d'une gestion lourde si ses moyens, en particulier administratifs, s'amplifient, ce que son autonomie, associée aux règles de gestion de la fonction publique, rend progressivement nécessaire. L'efficacité financière décroît alors. Le statut spécifique des personnels, qui restreint leur vivier d'emploi, peut être un frein à la mobilité et de là au renouvellement intellectuel. Les règles d'embauche peuvent être d'une grande rigidité selon les statuts. On examinera pour cela les solutions les plus souples, plutôt "agences"

qu'établissement. On devra s'interroger sur la nécessité de "murs" propres à l'institut qui peuvent garantir des capacités d'accueil propres, un accueil indépendant des partenaires potentiels (CNRS, Université, etc.), mais qui en contre-partie "localisent" l'institut en un site privilégié au détriment des autres lieux qui lui sont rattachés.

B-2 - Les Réseaux

Ils peuvent être conçus de diverses façons, plus ou moins ouverts sur la communauté scientifique, artistique et industrielle. Le RNRT donne l'exemple d'une structure très ouverte procédant par des appels d'offres publics s'adressant à tous les acteurs du monde socio-économique, qu'ils soient publics ou privés. Les GdR du CNRS s'adressent en priorité au milieu universitaire et scientifique, d'autres réseaux sont plutôt des "clubs" regroupant un petit nombre de partenaires, soit désignés soit cooptés.

Compte tenu des objectifs de AST, il semble que ce soit plutôt la structure de club qui lui convienne car les intervenants sont aujourd'hui peu nombreux et bien identifiés.

Les qualités d'un réseau sont connues : c'est une structure souple qui peut être mise en place rapidement, qui sait utiliser des compétences diffuses relevant éventuellement de structures administratives variées, qui peut associer des partenaires industriels ou des collectivités locales. Son efficacité budgétaire est souvent forte car elle fait abondamment appel aux ressources des institutions hôtes. Elle est maintenant bien admise dans la communauté scientifique, qui s'est habituée à ses procédures de fonctionnement par commissions et appels d'offres.

Mais les réseaux imposent des contraintes dont certaines pourraient être de graves limitations pour AST. Il convient d'envisager leurs conséquences.

- les réseaux ont souvent été mis en place pour répondre à des urgences ou à des priorités. Leur capacité à être rapidement opérationnels accompagne souvent des objectifs à court ou moyen terme, et la pérennité des actions entreprises n'est pas un objectif de leur création. Il n'en est pas de même des objectifs d'AST. Au delà d'une action immédiate qui est décrite par ailleurs, on se propose de mettre en place des actions de formation, de faire naître des structures de création, de modifier les habitudes de cloisonnement et de sectorisation des domaines scientifiques et artistiques de façon durable. Il est donc nécessaire de donner au réseau les assurances d'une pérennité, aussi bien dans ses financements que dans son existence statutaire ou dans ses objectifs. Né d'une volonté politique, il doit être en particulier à l'abri des basculements politiques.
- le projet est par essence pluridisciplinaire et s'appuie sur des partenaires très variés (Université, CNRS, divers services relevant du Ministère de la Culture et des collectivités locales). Il en est de même pour les autres réseaux ; mais à la différence des autres réseaux, celui que l'on projette doit engager de façon intensive les acteurs issus de ces partenariats dans des actions à long terme : création d'enseignements, supervision de travaux doctoraux, élaboration de structures d'accueil dotées d'outils techniques et logiciels et d'encadrements techniques spécifiques. Ces actions par leur nature transdisciplinaire échapperont aux cadres classiques de gestion des institutions-hôtes pour de nombreux aspects : gestion des personnels et de leurs carrières, gestion des matériels, valorisation et propriété, etc. Les exemples sont nombreux pour illustrer ce point : adéquation problématique des commissions CNU pour évaluer une activité transdisciplinaire, reconnaissance de droits d'auteurs pour la création artistique au

CNRS, accueil des personnels issus du Ministère de la Culture au sein à l'Université, reconnaissance de filières d'enseignements à caractère artistique dans une UMR de sciences, etc. Il convient donc que, dans les statuts du réseau, des conventions soient prévues pour traiter des relations avec les quelques partenaires institutionnels : universités, CNRS, INRIA, INA, IRCAM, etc.

- les réseaux existants fonctionnent essentiellement avec des personnels "empruntés" ; ils ont pour vocation d'animer des personnels au statut défini indépendamment du réseau. Si des moyens supplémentaires en personnel sont nécessaires dans le cadre d'un projet, ces personnels sont recrutés spécifiquement.
- le statut juridique du réseau face aux problèmes de valorisation est un point qu'il faudra étudier attentivement à la lumière des actions que l'on veut privilégier : prise de brevet, partenariats, copyrights, licences. Les réseaux ne sont habituellement pas exposés à ces problèmes car ils cèdent d'ordinaire les droits des opérations entreprises sur leurs crédits aux institutions partenaires. Dans le cas d'AST, diverses formes de valorisation ou de propriété pourront ne pas intéresser directement ces partenaires parce qu'ils tombent en dehors de leurs champs de compétence ou d'intérêt. Il est cependant aussi important de protéger les créateurs et l'industrie nationale afin qu'ils bénéficient des possibles retombées de l'activité d'AST.

B-3 - L'exemple du RNRT

Le RNRT nous apporte un exemple concret de projet ambitieux qui mobilise des moyens importants (tant en personnes qu'en budget) et qui fait collaborer des structures hétérogènes tant au niveau des organismes de tutelles que des acteurs opérationnels du projet.

Les emprunts que le projet AST pourra faire au RNRT demeurent cependant limités dans la mesure où les objectifs des deux projets sont éminemment différents dans leur nature.

Le RNRT vise à donner une impulsion décisive à la recherche et à l'industrie nationales dans un domaine que la conjoncture a placé au rang des priorités ; AST doit mettre en place des structures de formation et de recherche pluridisciplinaires, orthogonales à celles existantes, il doit modifier en profondeur les pratiques, artistiques et scientifiques.

Le RNRT s'appuie sur des laboratoires de recherche et sur des industriels bien établis dans un domaine en expansion tandis que AST tend à regrouper et renforcer des équipes dynamiques mais souvent marginalisées ou mal insérées dans un milieu au mieux indifférent, parfois hostile.

Le RNRT peut tirer profit d'expériences semblables conduites sur des thématiques différentes, mais avec des objectifs intrinsèquement équivalents, soit en France soit à l'étranger (informatique, Intelligence Artificielle, Génome Humain, Biotechnologies, etc.). Au contraire AST n'a que peu de modèles chez nous ou à l'étranger, il doit de plus très fortement tenir compte de la spécificité nationale en matière artistique, même si des initiatives entreprises à l'étranger peuvent l'inspirer.

Enfin le RNRT dispose d'une industrie et d'un secteur socio-économique bien identifiés, dotés des relais et des passerelles établis avec le milieu de la recherche. On cherche à stabiliser un partenariat industriel actuellement trop fugitif et instable en dotant l'institution-hôte éventuelle

à partir d'un financement fourni par le réseau. Ces personnels-ci sont alors en statut provisoire (par exemple thèse, ou CDD scientifique, technique ou administratif). Le réseau AST devrait déroger à ce mode de fonctionnement sur deux points :

1. tout d'abord les laboratoires d'accueil, lieu de la création artistique, devront pouvoir recevoir des professionnels d'origines diverses, artistes en particulier, et les rémunérer selon des modalités qu'il faudra mettre en place. Ils pourront relever de la législation française du travail (travailleurs indépendants, salariés du Ministère de la Culture ou de collectivités locales, intermittents du spectacle, étudiants), ils pourront également être étrangers (par exemple artistes en post-doc). Le projet ayant pour but de mettre en place de nouveaux moyens à la limite de l'enseignement et de la recherche, il sera particulièrement important d'aménager les conditions d'insertion dans le réseau de jeunes créateurs, sortis de l'enseignement mais non encore actifs.

2. ensuite les ateliers de création devront probablement héberger des techniciens ou des ingénieurs attachés au projet selon des statuts qu'il faudra déterminer.

ELEMENTS D'ANALYSE ET DE DOCUMENTATION - Problèmes spécifiques: Quelques cas particuliers

Problèmes de cloisonnement - Politique universitaire : Pourquoi un centre ?

Jean-Claude Risset

Les sciences constituées sont solidement établies, et les secteurs qu'elles découpent sont souvent cloisonnés et rarement accueillants pour les disciplines nouvelles. Le poids historique des disciplines, la stabilité des grandes divisions (lettres et humanités subjectives, sciences objectives, arts-loisirs) fragilisent les thèmes de recherche et d'activité technologique qui trouvent mal leur place au sein de ces grandes divisions. Il est hasardeux d'implanter une activité hors-catégorie ou transcatégorie par une incitation seulement temporaire, qui risque de se tarir lorsque changent certains responsables influents (que ce soit un ministre ou un président d'Université). Une politique nationale volontariste risque d'être étouffée si les établissements ne s'attachent pas à la défendre.

Or les Universités sont conduites par des Présidents élus dont le mandat est assez bref. Un nouvel élu se préoccupe souvent de laisser sa marque en favorisant des projets autres que ceux de son prédécesseur. Cela fait obstacle à l'épanouissement de nouvelles disciplines. Les Universités sont autonomes, et elles peuvent résister à des incitations - surtout sur des projets AST, qui visent justement à pallier certaines carences dans la tradition et la culture universitaire. Les Universités sont rarement favorables au recours à des personnalités extérieures, dont l'intervention est vitale dans le domaine AST. Les Universités sont concurrentielles et à la recherche d'images de marque : qu'un projet soit attribué à l'une d'elles, les autres se sentiront moins concernées. On a vu récemment une grande Université parisienne retenir à d'autres fins des subventions affectées par le Ministère à un DEA dans le domaine AST - et se justifier en expliquant qu'elle n'était qu'habilitée en second pour ce DEA.

Le souci compréhensible de renforcer les Universités risque de les voir durcir des règles et des pratiques qui ne sont pas toujours optimales, et surtout pas universelles - les présidents ayant

souvent des exigences spécifiques éphémères qui changeront avec le président suivant. Les problèmes spécifiques d'un domaine qui n'atteint pas une masse critique risquent de ne pas être pris en considération - pas d'exception aux règles et aux répartitions, pour éviter une réaction en chaîne de revendications. Un champ nouveau ou marginal risque d'être étouffé dans ces conditions - à moins de mesures fortes et durables.

Dans le passé, pour faire face à des besoins nouveaux ou défendre des disciplines nouvelles, il a été souvent nécessaire de créer de nouvelles structures hors Université ou CNRS - qu'on songe au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), à l'IRIA devenu l'INRIA, à l'IRCAM.

Même si le montage est long et compliqué, une institution forte paraît nécessaire pour pérenniser des activités d'un type nouveau et faire reconnaître des disciplines nouvelles. Pour installer une activité art-science-technologie, il paraît difficile de faire l'économie d'une institution interministérielle forte "instituant" de façon officielle le domaine indiscipliné - un centre pérenne disposant de moyens pour une politique concertée de recherche et de développement, et faisant le lien avec l'ensemble de la filière professionnelle et économique. Un tel centre devrait pouvoir associer recherche, création artistique et activités pédagogiques - incluant la délivrance de DESS, DEA et thèses.

Raideurs administratives

Les autorités de contrôle financier tendent actuellement à durcir leurs instructions vis-à-vis des établissements publics scientifiques et technologiques, en particulier en ce qui concerne les marchés à bons de commande. La commission spécialisée des marchés d'approvisionnements généraux vient de confirmer au CNRS une doctrine selon laquelle il ne faudrait s'adresser qu'à un seul fournisseur par famille de produit. Une telle restriction est contradictoire avec l'activité-même de recherche - comment les chercheurs peuvent-ils rester en phase avec les productions industrielles qui sont soumises aujourd'hui à la compétition internationale que l'on sait? Il faut rappeler que la protection administrative artificielle d'un marché intérieur par le plan calcul a déjà tué l'informatique française. Il est clair qu'une telle mesure est spécialement gênante dans le domaine AST. D'autres mesures administratives sont handicapantes : par exemple, si tel fournisseur a dépassé un certain montant de commandes, le CNRS ne peut plus traiter avec lui - même pour faire des réparations ou maintenances sur un matériel que ce fournisseur a livré et qu'il connaît bien. Certaines des mesures recommandées pour l'épanouissement du domaine AST concernent plusieurs administrations différentes : elles risquent de nécessiter de véritables courses d'obstacles pour être mises en œuvre.

Le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie a été alerté au sujet de la mesure imposée par la commission des marchés. Les réglementations devraient être amendées pour préserver autant que possible une nécessaire souplesse et liberté de choix.

Problèmes de valorisation : un cas

Introduction

Jean-Claude Risset

Comme il a été dit dans le rapport, les enjeux des innovations dans le domaine artistique sont souvent méconnus, et les mécanismes de valorisation fréquemment inadaptés.

Avant de décrire en détail le cas du "retour d'effort", deux circonstances seront mentionnées dans lesquelles des occasions de valorisation ont été manquées.

Au début des années 80, Daniel Arfib, chercheur de l'équipe Informatique Musicale du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS, a obtenu un brevet d'invention pour une technique de synthèse sonore, la distorsion non-linéaire avec modulation d'amplitude. Ce brevet a été étendu à l'étranger, ce qui est coûteux. Quelques années plus tard, il était décidé de ne pas prolonger cette extension à l'étranger. Peu de temps après, la firme japonaise Casio sortait un synthétiseur exploitant cette technique de distorsion non-linéaire.

Dans le même laboratoire, au cours des années 90, un industriel était intéressé par une retombée de la recherche menée dans l'équipe Informatique Musicale sur les transformations temps-fréquence et temps-échelle : il souhaitait obtenir une licence pour utiliser une méthode permettant d'évaluer rapidement la qualité du courant électrique du secteur. La méthode aurait été mise en œuvre dans un mesureur qu'il était prévu de vendre à un grand nombre d'exemplaires. Mais la licence n'a pu être exploitée : la personne chargée au CNRS des relations avec l'industrie exigeait l'impression sur chaque mesureur d'une longue phrase expliquant la contribution du CNRS, ce que l'industriel a tenu pour absurde compte tenu de la petite dimension de l'appareil.

Le récit qui suit décrit comment ont été manquées jusqu'à présent des occasions de valoriser une technologie émergente, la rétroaction gestuelle ou retour d'effort. Cet historique pourra paraître anecdotique, mais il est tristement véridique et significatif : puissent ces enseignements être salutaires.

Le cas du "retour d'effort" ACROE : histoire des Transducteurs Gestuels Rétroactifs (TGR)

Annie Luciani, Claude Cadoz, Jean Loup Florens

Dès le début de la création du groupe de recherche qui deviendra l'ACROE, Claude Cadoz et Jean Loup Florens mettent en avant l'importance du geste et de l'instrumentalité dans l'acte musical, et avancent l'idée de *Périphériques d'ordinateur pour le Contrôle Gestuel à Retour d'Effort de sons et d'images de synthèse*.

En 1978 :

Jean Loup Florens réalise un Coupleur Gestuel à retour d'effort (Thèse INPG).

Plusieurs états des lieux réalisés plus tard montrent que ce type de dispositif n'existait, ni dans la téléopération, ni dans l'interaction homme-machine.

Sur ce dernier cas, citons GROPE-I (North Carolina) qui utilise un bras robotique volumineux et lent (dizaine de Hz) :

Batter, J.J. and Brooks, F.P., Jr. GROPE-I : A computer display to the sense of feel. Information Processing, Proc. IFIP Congress 71, 759-763 (1971).

-> *Le coupleur gestuel à retour d'effort réalisé par Florens est le premier périphérique d'ordinateur gestuel (1) à retour d'effort, (2) aussi rapide (pour les collisions), (3) aussi petit (sur une table)*

Dans le même temps, le MIT - Architecture Machine Group - envisage de développer des systèmes similaires :

1. L'article de Atkinson est prospectif mais n'annonce aucune réalisation:

Atkinson, W.D., Bond, K.E., Tribble, G.L., Wilson, K.R. 'Computing with feeling', *Comput. and Graphics*, 1977, 2.

2. Recherches pour réaliser un gant de données à retour d'effort, tentative restée sans effet majeur aujourd'hui. Le gant de données sans retour d'effort sera vulgarisé par Jaron Lanier vers 1986.

Le Ministère de la Culture reconnaît l'innovation de l'ACROE et finance son développement.

En 1980 :

Avec le soutien du Ministère de la culture, l'ACROE réalise un deuxième prototype, "la Touche", plus compact que le premier. Il est le plus compact et le plus performant mondialement.

En 1981, devant la tiédeur des scientifiques français face à cette innovation, Annie Luciani écrit à l'Architecture Machine Group du MIT, dirigé par Nicholas Negroponte, pour leur présenter (en détail) le concept et l'innovation. La réponse fut immédiate et enthousiaste : une invitation pour toute l'équipe de rejoindre ce laboratoire. L'Architecture Machine Group allait devenir trois ans plus tard un composant du Media Lab.

Devant cet accueil, l'ACROE se demande s'il n'est pas trop tard pour publier et pour breveter. Beaucoup de personnes, de personnalités, de responsables d'institutions ont "touché" la touche à retour d'effort.

Discussions au sein du laboratoire d'accueil de l'école d'ingénieurs ENSERG :

-> Pas de financement pour déposer le brevet.

-> Pression pour publier plutôt que de breveter.

-> La "Touche" est publiée et non brevetée.

En 1981

L'ACROE publie ses travaux sur le retour d'effort et sa première réalisation:

CADOZ (C), LUCIANI (A) & FLORENS (JL), "Synthèse musicale par simulation des mécanismes instrumentaux. Transducteurs Gestuels Rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental", *Revue d'Acoustique* N° 59, pp. 279-292. Paris 1981.

En 1982 :

De 1981 à 1988, l'ACROE diffuse largement ses mesures, ses concepts, ses réalisations, son savoir-faire et ce, SANS PUBLICATION NOTABLE car LE DOMAINE N'EXISTE PAS, hormis une seule publication internationale dans le domaine très spécifique de l'informatique musicale :

CADOZ (C), LUCIANI (A), FLORENS (JL), - Responsive Input Devices and Sound Synthesis by Simulation of Instrumental Mechanisms : The Cordis System - Computer Music Journal, 8, N°3, pp. 60-73. M.I.T. Press, Cambridge Mass. 1984.

En 1982 également :

Lors de leur visite à Grenoble, les travaux de l'ACROE sont remarqués par Nicholas Negroponte et Seymour Papert, invités par J.J. Servan-Schreiber à créer le Centre Mondial de l'Informatique en France. Ils demandent que le groupe de l'ACROE rejoigne le CMI. Au CMI, les discussions avec Margaret Minsky conduisent celle-ci, à son retour aux USA, à réaliser un petit système retour d'effort peu performant, mais qui sera publié au SIGGRAPH (Du point de vue scientifique, cet article n'est pas sans reproche, mais c'est le premier publié par le SIGGRAPH sur ce sujet) :

M. Minsky, M. Ouh-Young, O. Steele, F.P. Brooks, M. Behensky, "Feeling and seeing: Issues in Force Display", Computer Graphics, Vol. 24, no. 2, SIG special issue 1990, pp. 235-243.*

-> *Réaction de personnalités françaises vis-à-vis de l'ACROE après avoir vu la réalisation de M. Minsky : "Vous êtes dépassés"*

En 1983 :

La première expérience mondiale de "réalité virtuelle véritable", multisensorielle en temps réel avec retour d'effort, est réalisée par l'ACROE : le jeu de tennis sonore, visuel et à retour d'effort.

En 1985 :

L'ACROE, toujours sous financement exclusif du Ministère de la Culture, réalise une nouvelle innovation à partir des précédentes : un transducteur gestuel à retour d'effort à grand nombre de degrés de liberté, appelé le CRM "Clavier Rétroactif Modulaire".

Dans d'autres laboratoires, les recherches sur ce sujet commencent à prendre une certaine accélération, avec l'émergence du thème des Réalités Virtuelles

J. Foley, "Les communications entre l'Homme et l'ordinateur", Pour la Science, Décembre 1987

En 1988 :

L'ACROE réalise son troisième prototype de TGR :

- Obtention "à l'arraché" d'un financement du brevet par le Ministère de la Culture, celui-ci estimant qu'il lui est difficile de suivre cette action, de fait assez lourde, après l'arrêt de la convention entre ce Ministère et l'ANVAR.

- dépôt de brevet le 16 Octobre 1988

- démonstration publique le 17 Octobre 1988, 300 personnes, 150 personnalités françaises, représentant différents institutions, y compris l'ANVAR et les divers responsables valorisation des Universités, lors de la manifestation "Semaine informatique et création artistique" à Grenoble.

Depuis 1988 jusqu'en 1996 :

Prospection auprès de l'ANVAR en 1988-89

-> *échec*

L'ACROE démarre elle-même une étude de marché :

-> *prospection sur tous les domaines (robotique, téléopération, musique, synthèse d'images, interactivité...)*

Nouvelle prospection auprès de l'ANVAR en passant par le comité "valorisation de l'université" en 1992

-> *échec*

Propos du responsable du "pôle "productique" de la région Rhône Alpes, lors d'une réunion sur ce sujet à l'ACROE :

"Si vous étiez aux USA ou au Japon, vous auriez la queue devant votre porte et ce n'est pas vous qui piétinez aux portes des secrétariats... Tentez un projet Euréka"

Fort de son brevet et de ses 3 personnes (et de sa conviction!!!), l'ACROE contacte des industriels et monte un projet Eureka. Elle trouve un gros industriel motoriste français prêt à s'engager (SAGEM), un industriel italien (Bontempi), un laboratoire et un industriel suisse avec lesquels elle monte un consortium France - Italie - Suisse. Elle rédige et fait signer le MOU (Memorandum of understanding).

-> *L'Italie et la Suisse obtiennent le label.*

Le comité français Euréka du Ministère de l'Industrie repousse 3 fois de suite le dossier. Il freine les décisions en tentant de voir si cette opération ne pourrait pas aider à remettre à flot un industriel motoriste français en difficulté (Crouzet). Crouzet ne s'engage pas. Sagem est toujours prêt à travailler sur ce projet. Le Ministère de l'Industrie lui impose d'être maître d'oeuvre. L'industriel SAGEM se désengage.

Une raison de la difficulté de l'industrialisation à cette époque était le problème du coût. Bontempi, grand constructeur italien d'instruments bas de gamme, souhaitait un clavier à moins de 20 000 Frs.

-> *L'ACROE n'obtient pas le label sur le projet à brevet français... Le projet est abandonné*

-> *3 ans de travail et d'engagement considérable*

-> *3 ans de retard à l'industrialisation.*

Un laboratoire italien obtient dans le même temps un soutien important des communautés européennes dans un projet Esprit pour réaliser un bras à retour d'effort.

Bergamasco M., "Glad-In-Art", Esprit IT R&D project n° 5363 - Dec 1993

A partir de 1988, également :

- devant la difficulté pour le Ministère de la Culture d'abonder seul ce travail,
- devant l'intérêt déclaré et réel des responsables scientifiques
- devant la demande explicite du directeur de laboratoire, reconnaissant cette recherche et cherchant à la faire collaborer avec les autres axes du laboratoire,
- en accord avec son conseil d'administration, bien conscient cependant du danger de dérive du programme et des missions (AST) du groupe,

l'ACROE entreprend une diversification de ses contrats de recherche.

-> Contrats en robotique d'intervention planétaire (le véhicule Rocky IV martien évoluant sur les terrains sablonneux a été simulé par l'ACROE dans un contrat avec le CNES)

-> Contrats "informatique fondamentale"

-> Contrats "interaction Homme-Machine"

Ces contrats "alimentaires", décadrés par rapport aux missions de l'ACROE, ont juste permis à l'équipe de subsister, c'est à dire de diffuser ses compétences. Ils n'ont aucunement amélioré la pérennité ni les possibilités de développements de l'équipe, car, MALGRÉ L'AUGMENTATION DE CRÉDIBILITÉ "SCIENTIFIQUE"

-> *pas de postes supplémentaires*

-> *pas de crédits supplémentaires pour développer en laboratoire un successeur au CRM à retour d'effort*

-> *pas davantage de succès de l'entreprise de valorisation*

En parallèle, dépôt de divers dossiers pour obtenir des crédits pour poursuivre les développements nécessaires à une industrialisation (fiabilisation et optimisation du dispositif).

-> *accueil favorable, mais dossier toujours non prioritaire (!)*

-> *l'ACROE entreprend son travail sur ses propres ressources (financement d'un thésard sur fonds propres)*

En 1994, après sa thèse sur le geste à l'ACROE, Christophe Ramstein part au Canada et y développe un système à retour d'effort aujourd'hui commercialisé, "Mouse-Cat".

En 1996 :

L'ACROE refait un tour de piste :

Soumission aux services "valorisation" des Universités

Présentation à l'ANVAR

Recherche d'un partenaire industriel

Présentation aux collectivités territoriales

-> *accueil favorable*

-> *mais une question nouvelle est posée : avez vous des clients prêts à s'engager ?*

L'ACROE travaille pour développer des partenariats (Télécommunications, chirurgie...). Mais cela signifie qu'elle serait actuellement tributaire, pour lancer une petite série, d'une déclaration "client" dont on s'aperçoit qu'elle suppose l'acceptation d'un projet interne à l'entreprise cliente, projet qui se monte souvent à 10 fois le coût du TGR proprement dit. Ces contraintes sont à nouveau insensées.

Or, actuellement, un dispositif à retour d'effort canadien, le bras Phantom (Société Sensable SA, projet canadien) se vend bien car il est tout simplement au catalogue et disponible à la vente. Pourtant son prix est de 180 000 Frs HT pour 3 degrés de liberté (Contraintes imposées à l'ACROE pendant la phase Eureka : 20 000 Frs pour environ 60 degrés de liberté!!!!)

Pendant ce temps, faute de dispositifs disponibles à la vente, plusieurs commandes (de l'ordre de la dizaine) n'ont pu être honorées.

L'ACROE a comme demande explicite l'obtention d'un soutien significatif pour lancer la fabrication et la commercialisation d'une petite (20) ou moyenne (50) série de TGR.

Références

J.J. Batter, F.P. Brooks (1971). "GROPE-I : A computer display to the sense of feel". Information Processing, Proc. IFIP Congress 71, 759-763 (1971).

- W.D. Atkinson, K.E. Bond, G.L. Tribble, K.R. Wilson, K.R (1977). "Computing with feeling", *Comput. and Graphics*, 1977, 2.
- J.L. Florens (1978). "Coupleur gestuel interactif pour la commande et le contrôle de sons synthétisés en temps réel", Thèse Docteur Ingénieur, Spécialité Electronique, I.N.P.G., Grenoble, 1978.
- J. Foley (1987). "Les communications entre l'Homme et l'ordinateur", *Pour la Science*, Décembre 1987.
- C. Cadoz, A. Luciani, and J. L. Florens (1981). "Synthèse musicale par simulation des mécanismes instrumentaux. Transducteurs Gestuels Rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental", *Revue d'Acoustique* N° 59, pp. 279-292. Paris 1981.
- C. Cadoz, A. Luciani, and J. L. Florens (1984). "Responsive input devices and sound synthesis by simulation of instrumental mechanisms: The cordis system," *Computer Music J.*, vol. 8, no. 3, pp. 60-73, 1984.
- C. Cadoz, A. Luciani, J.L. Florens (1986). "Exposition système CORDIS-ANIMA et TGR", *Forum des Nouvelles Images - Monte-Carlo* 1986.
- F. P. Brooks and al (1988). "Grasping reality through illusion", *Interactive graphics serving science - 5th Conf. on Comput. and Human Interact. - CHI'88*
- C. Cadoz, L. Lisowski, and J. L. Florens (1990). "A modular feedback keyboard design," *Computer Music J.*, vol. 14, no. 2, pp. 47-51, 1990.
- F.P. Brooks, M. Ouh-Young, J.J. Batter, P.J. Kilpatrick (1990), "Project GROPE: haptic display for scientific visualisation", *Computer Graphics*, Vol. 24, N° 4, August 1990.
- H. Iwata (1990). "Artificial reality with force-feedback : dev. of Desktop Virtual Space with Compact Master Manipulator" - *Computer Graphics*, vol.24, n°4, p. 165-170 - August 1990.
- M. Minsky, M. Ouh-Young, O. Steele, F.P. Brooks, M. Behensky (1990). "Feeling and seeing: Issues in Force Display", *Computer Graphics*, Vol. 24, no. 2, SIG special issue 1990, pp. 235-243.
- A. Luciani, C. Cadoz, and J.L. Florens (1994). "The CRM device : a force feedback gestural transducer to real-time computer animation", *Displays*, Vol. 15 Number 3 - 1994 - Butterworth-Heinemann, Oxford OX2 8DP UK, pp. 149-155.
- C. Cadoz (1996). "Réintroduire les sensations physiques : des interfaces manuelles pour montrer, toucher, palper, éprouver", Numéro spécial "la Recherche" "l'ordinateur au doigt et à l'œil" - n°285 Mars 1996.

Brevets

- C. Cadoz, J.L. Florens, A. Luciani (1985). "Procédé et dispositif pour simuler un objet matériel et ses interactions avec un utilisateur", Brevet Français. Déposé le 14 / 06 / 85. N° 85 09420 France, Titulaire : ACROE.
- C. Cadoz, L. Lisowski, J.L. Florens (1987 et 1988). "Clavier rétroactif modulaire et actionneur modulaire plat", brevet français déposé le 13 / 10 / 88, France N°88 14064, US n° 07/420 242, Europe n° 0 365 441, Titulaire : ACROE.
- C. Cadoz, J.L. Florens, A. Luciani (1994). "Piano Electromécanique", dépôt le 7 mai 1993, France/ n° 93 05796, Demande PCT Europe-USA-Japon du 4 mai 1994 n° PCT/FR94/00514, Titulaire : ACROE.

Références générales Art-Science-Technologie

- Actes des Assises de la recherche du Ministère de la Culture, (2 vol.), Paris, 17-18 juin 1996.
- P. Aigrain, 1996. La recherche culturelle est-elle possible en informatique? Contribution aux assises de la recherche du Ministère de la Culture, vol. 2, 201-205.
- Alliage (Culture, Science, Technique). Revue trimestrielle, 78 route de Saint-Pierre de Féric, 06000 Nice. Cf. en particulier le numéro spécial 33/34, 1997/1998, Statut esthétique de l'art technologique.
- M. Borillo & A. Sauvageot (sous la direction de), 1996. Les cinq sens de la création : art, technologie, sensorialité. Milieux, Champ Vallon, Seyssel.
- S. Brand, 1988. *The Media Lab*. Penguin Books, London.
- K.H. Burns, 1997. *An emerging community : the CD-ROM artists*. Organised Sound (Cambridge University Press) 2(1), 13-18.
- C. Cadoz, 1991. *Les réalités virtuelles*. Collection Dominos, Flammarion, Paris.
- P. Callet, 1998. "Couleur-Lumière, couleur-matière", Diderot éditeur Arts et sciences, Collection sciences en actes, Paris.
- Collectif. *Cybernetic Serendipity*, 1968. Catalogue d'une exposition, Computer Arts Society, Institute of Contemporary Arts, London.

- Collectif, 1991. "Destins de l'art, desseins de la science", Actes du Colloque ADERHEM de Caen, ADERHEM, p. 85.
- Collectif, 1994. Pratiques artistiques et sciences cognitives. Art et Cognition. Edité par Cyprès, Ecole d'art d'Aix en Provence.
- Couchot (E), 1982. "La synthèse numérique de l'image : vers un nouvel ordre visuel", Traverses, n°26, octobre 1982.
- Délégation aux arts plastiques, rapport collectif, sous la direction scientifique de Paul Virilio. Groupe de réflexion sur les nouvelles technologies : travaux et propositions. Ministère de la Culture et de la Communication, Juin 1993.
- H. Dufourt, 1991. Musique, pouvoir, écriture. C. Bourgois, Paris.
- Forest (F), 1995. L'art à l'ère du multimédia et l'esthétique des réseaux. Communication et langage, n°106, 4ème trimestre.
- P. Francastel, 1956. Art et technique. Denoël-Gonthier, Paris.
- S. Glas, 1998, Création musicale sur les supports multimédia, Mémoire de D.E.A., IRCAM-EHESS, sous la direction de MM. H. Dufourt et M. Battier.
- H. Guillaume, 1998. Rapport de mission sur la technologie et l'innovation. Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie/Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie/Secrétariat d'Etat à l'Industrie, 5 mars 1998.
- N. Guito & J. Zeitoun. Rapport de synthèse de la mission Informatique et création. Ministère de la Culture, Paris.
- Hillaire (N), 1995. L'art, les nouvelles technologies et le temps. En ligne sur le site du CICV, <http://www.cicv.fr>.
- Hillaire (N). Etude pour une nouvelle publication au centre Pompidou. Avec le concours de Nadine Doreau et Katherine Tanneau, pour le compte du développement culturel.1994. <http://www.cnac-gp.fr>.
- Hillaire (N) & Jaffrenou (M). Nouvelles technologies : un art sans modèle. Numéro spécial de la revue Art Press n°12. 1991.
- V. Hugo, 1864/1995. L'art et la science. Anaïs, Nice, et Actes Sud, Arles.
- La recherche en danse (périodique).
- Leonardo, 1994. Special issue Art and Science - Similarities, differences and interactions. Vol. 27 n° 3.
- A. Leroi-Gourhan, 1965. Le geste et la parole. Albin Michel, Paris.
- Les Cahiers Arts et Sciences de l'Art. Université Paris 1 - URA1426
- J.M. Lévy-Leblond, 1996. "La pierre de touche - la science à l'épreuve". Gallimard, 1996.
- M. Loi (sous la direction de), 1994. Mathématiques et Arts. Ed. Herman, Paris.
- Lucas (M), 1995. La recherche en synthèse d'images en France depuis 30 ans, rapport de recherche IRIN, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes.
- Luciani (A), 1992. "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", Revue Les Cahiers de l'Ircam n° 2.
- J. Mandelbrot. "Les cheveux de la réalité - autoportraits de l'art et de la science". Alliage, Nice, 1991.
- J. Mandelbrojt, guest editor, 1994. Special issue Art and Science : similarities, differences and interactions. Leonardo vol. 27 n° 3.
- M.V. Mathews & J.R. Pierce, ed., 1991. Current directions in computer music research (with a CD of sound examples). M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- Ministère de la culture, 1981 : Rapport "Enjeux de la recherche image et propositions de développement en France", décembre 1981.
- Ministère de la recherche et de l'industrie (CESTA), Ministère de la communication (INA), "La recherche image : Enjeux et propositions de développement", août 1982.
- A. Moles, 1971. Art et ordinateur. Casterman, Paris.
- P. Musso, 1990. Pour un Bauhaus électronique: la création artistique et les nouvelles technologies. Rapport commandé par le Ministère de la Culture.
- N. Negroponte, 1995. Being digital. Vintage Books, New York.
- A.M. Noll, 1967. Computers and the visual arts. In Computers in Design, Design and Planning, n° 2.
- S.J. Norman, 1997. Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques. Rapport d'étude à la Délégation aux Arts plastiques, Ministère de la Culture. Camelopard SARL, 57 rue Montreuil, 75011 Paris (E-mail norman@wanadoo.fr).
- L. Poissant (sous la direction de), 1995. Esthétique des arts médiatiques. Presses de l'Université du Québec.
- K. Popper, 1993. L'art à l'âge électronique. Hazan, Paris.
- Quéau (P) , 1993. Le virtuel - Vertus et vertiges, collection Milieu, Champ Vallon.
- J.C. Risset, 1991. Musique, recherche, théorie, espace, chaos. In Harmoniques 8/9, 273-316 (numéro spécial Musique, théorie, recherche).
- M. Roche, 1998. Le capitalisme postindustriel britannique naît des arts et de la high-tech. Le Monde, 5 mars 1998.
- P. Schaeffer, 1966. Traité des objets sonores. Ed. du Seuil, Paris (avec des disques d'exemples sonores).

M. Sicard (sous la direction de), 1995. Chercheurs ou artistes. Autrement, série Mutations, n° 158.
 V. Sorensen, 1989. The contribution of the artist to scientific visualization. <http://felix.usc.edu/text/scivil.html>.
 Revue Techné : la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations, éditée par le Ministère de la culture et la réunion des Musées Nationaux.
 E. Varèse, 1983. Ecrits (réunis par Louise Hirbour). C. Bourgois, Paris.
 Weissberg (J-L) et Moinot (M), 1989. Cahiers du CCI, numéro spécial "les chemins du virtuel : simulation informatique et création industrielle" - Centre Georges Pompidou.
 I. Xenakis, 1979. Arts/sciences. Alliances. Casterman, Paris.

INDEX DES SIGLES

ACROE	Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression
AFCET	Association Française de Cybernétique
AFIG	Association Française d'Informatique Graphique
ANVAR	Graphique
ARSPMA	Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche
AST	Association pour la Recherche Scientifique sur la Perception et la Motricité Artistiques
ATI	Association pour la Recherche Scientifique sur la Perception et la Motricité Artistiques
ATIAM	Art - Science - Technologie
	Art et Technologie de l'Image
BCRD	Acoustique, Traitement du Signal et
BNF	Informatique appliquées à la Musique
CAO	Budget Civil de Recherche et de
CCRMA	Développement
CDI	Bibliothèque Nationale de France
CDMC	Conception Assistée par Ordinateur
CEA	Center for Computer Research in Music and
CEMAMu	Acoustics
	Compact Disc Interactif
CERM	Centre de Documentation sur la Musique
CFT-	Contemporaine
Gobelins	Commissariat à l'Energie Atomique
CICV	Centre D'Études de Mathématiques et
CIRM	d'Automatique Musicale
CLIPS	Centre Européen de Recherche Musicale
	Centre de Formation Technologique
CNAC	Centre International de Création Vidéo
CNBDI	Centre International de Recherche Musicale
CNC	Communication Langagière et Interaction
CNET	Personne- Système
CNMAT	Centre National d'Art Contemporain
CNRS	Centre National de la Bande Dessinée et de
CNSM	l'Image

CNR	Centre National de la Cinématographie
CNU	Centre National d'Etudes des
CREACI	Télécommunications
CRESSON	Center for New Music and Audio Technology
DAP	Centre National de la Recherche
DCC	Scientifique
DDF	Conservatoire National Supérieur de
DEA/DESS	Musique Conservatoire National de Région de
DVD	Musique
ECP	Comité National Universitaire
EHESS	Centre de Recherche en Art et Création
ENS	Industrielle
ENSAD	Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et
ENSBA	l'Environnement Urbain
ENSCI	Délégation aux Arts Plastiques
ENSMP	Digital Compact Cassette
ENST	Délégation au Développement et aux
EPA	Formations
EPFL	Diplôme d'Études Approfondies/Diplôme
EPIC	d'Études Supérieures Spécialisées
EPST	Digital Versatile Disc
ESBAM	École Centrale de Paris
FEMIS	École des Hautes Études en Sciences
GAIV	Sociales
GdR	École Normale Supérieure
GIE	École Nationale Supérieure des Arts
GIP	Décoratifs
GIS	École Nationale Supérieure des Beaux Arts
GMEB	École Nationale Supérieure de la Création
GMEM	Industrielle
GMVL	Ecole Nationale Supérieure des Mines de
GR	Paris
GRAME	Ecole Nationale Supérieure des
	Télécommunications
GRAVIR	Établissement Public Administratif
GRIS	École Polytechnique Fédérale de Lausanne
GS	Établissement Public à caractère Industriel
ICMA	et Commercial
IGM	Établissement Public Scientifique et
IMAG	Technique École Supérieure des Beaux Arts de
INA	Marseille
INPG	Institut de Formation pour les Métiers de
INRIA	l'Image et du Son Groupe Art et Informatique de Vincennes
INSA	Groupe de Recherche
IRCAM	Groupement d'Intérêt Économique Groupement d'Intérêt Public

IREC	Groupement d'Intérêt Scientifique
BNF	Groupe de Musique Expérimentale de
IRISA	Bourges
	Groupe de Musique Expérimentale de
ITEMM	Marseille
IUT	Groupe de Musiques Vivantes de Lyon
LIMSI	Groupement de Recherche
	Groupe de Recherche Appliquée à la
LISSE	Musique Électroacoustique
LMA	Informatique, Graphique et Robotique
LRMF	Groupe de Recherche sur l'Image et le Son
LRMH	Groupement Scientifique
MAP	International Computer Music Association
	Institut Gaspard Monge
MI	Institut d'Informatique et de Mathématiques
MIDI	Appliquées de Grenoble
MIT	Institut National de l'Audiovisuel
ONFC	Institut National Polytechnique de Grenoble
PAO	Institut National de la Recherche en
PRI	Informatique et Automatique
R&D	Institut National des Sciences Appliquées
RNRT	Institut de Recherche et de Coordination
SACEM	Acoustique- Musique
SDV	Institut de Recherche sur l'Environnement
SHS	Construit
SIAMES	Bibliothèque Nationale de France
	Institut de Recherche en Informatique et
SPI	Systèmes
UJF	Aléatoires
UMR	Institut Technologique Européen des
UPIC	Métiers de la Musique
URA	Institut Universitaire de Technologie
UTC	Laboratoire d'Informatique pour la
ZKM	Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur
	Laboratoire des Images de Synthèse
	Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
	Laboratoire de Recherche des Musées de
	France
	Laboratoire de Recherche des Monuments
	Historiques
	Modèles et simulations pour l'Architecture,
	le Paysage et l'urbanisme
	Ministère de l'Industrie
	Musical Instrument Digital Interface
	Massachusetts Institute of Technology
	Office National du Film Canadien
	Publication Assistée par Ordinateur
	Plan Recherche Image
	Recherche & Développement
	Réseau National de la Recherche en

	<p>Télécommunications Société des Auteurs, Compositeurs et Editeurs de Musique Sciences De la Vie Sciences de l'Homme et de la Société (département CNRS) projet Synthèse d'Image, Animation, Modélisation et Simulation, de l'IRISA Sciences Pour l'Ingénieur (département CNRS) Université Joseph Fourier Unité Mixte de Recherche Unité Polyagogique et Informatique du CEMAMU Unités de Recherches Associées Université Technologique de Compiègne Zentrum für Kunst und Medientechnologie (Centre d'Art et de Technologie des Médias de des Média de Karlsruhe)</p>
--	--