

LA RECONNAISSANCE AUTOMATIQUE
DANS LES BASES DE DONNÉES
LIMITES INTENTIONNELLES ET FONCTIONNELLES
PAR L'INDEXATION DES CONTENUS

Florent PASQUIER

Dans l'avenir, écrivait André VITALIS (1994, p. 42), « La numérisation de l'information peut faciliter une plus grande intervention du téléspectateur dans le choix et le déroulement des programmes. » C'est-à-dire une augmentation du nombre de vidéos stockées et facilement diffusables, qui nécessiterait notamment des évolutions en terme d'automatisation d'analyse de contenus pour créer des catalogues et de mise au point d'interfaces de navigation dans les documents.

À partir de cette réflexion, nous nous sommes intéressés aux systèmes techniques de vidéo numérique interactive, et à leurs applications en contexte de formation et d'apprentissage¹. Dans une phase de tests de terrain, nous avons numérisé à la norme MPEG1 des produits de formation vidéo préexistants pour l'apprentissage des langues, *News Busters* et *Video Presentation*. Chaque méthode présentait un document original extrait du journal télévisé (de 3 à 5 minutes) et en proposait une didactisation (de 30 à 45 minutes). Nous les avons indexés manuellement en respectant les séquences qui les composaient, afin de permettre plusieurs points d'entrée pour les utilisateurs. Cette démarche conceptuelle était rendue possible par le fait que ces films se composaient de séquences autonomes et indépendantes les unes des autres. Les auteurs les avaient placées dans un ordre déterminé, mais ce dernier était susceptible d'être modifié. L'intérêt de chacune de ces vidéos était donc de pouvoir « simuler » une sorte d'interactivité : une grille d'explication basée sur la réponse aux questions « qui, quoi, où, comment » pour la première méthode ; un ordre des séquences correspondant au niveau de l'étudiant pour la seconde.

1. Voir nos ouvrages sur ces sujets en bibliographie.

Cette indexation faite « à la main » a été fastidieuse et longue. Elle a également montré rapidement ses limites en terme de finesse, dans la mesure où plus on recherche un niveau détaillé d'analyse du corpus, plus celui-ci est long à cataloguer et à indexer. En conséquence, la création des écrans de l'interface de navigation et leur articulation se complexifient d'autant plus.

Après une analyse de l'existant et des difficultés rencontrées, nous présenterons quelques systèmes qui doivent rendre possible l'automatisation de ce type de travail pour des documents bruts, qu'ils soient textuels, sonores ou audiovisuels, afin de répondre à une demande d'utilisation dirigée et raisonnée de la masse pléthorique des données désormais disponibles pour tout un chacun.

La problématique de la vidéo à la demande

Ce domaine de recherche se donne pour objectif de répondre aux besoins de consultation de données vidéos à la demande des utilisateurs, en leur fournissant dans un délai raisonnablement court des contenus en accord avec leur requête.

Il s'agit de proposer à l'utilisateur de procéder à un tri automatique des vidéos suivant le genre présenté (documentaire, fiction, film d'animation...) ou encore suivant le format (2 minutes, 15 minutes...). L'intérêt est de faire coexister plusieurs types et niveaux de circulation dans la même base de vidéos (rendre possible plusieurs stratégies navigationnelles) en fonction des objectifs de l'apprenant ou de l'utilisateur : temps limité de consultation, recherche de points ou d'approches spécifiques... Les ordres de passage ne seraient pas fixés une fois pour toutes mais au contraire modulables et paramétrables. Nous aboutirions alors à un produit de formation qui permettrait à l'apprenant ou au formateur de sélectionner certains films parmi une vidéothèque numérique en créant automatiquement un parcours personnalisé.

Certaines productions proposent des modes de consultations originaux de ce type.

Jean-Paul MAZEAU (1992) avait mis au point un système permettant, après avoir monté virtuellement des images enregistrées sur divers supports, de les exploiter séquentiellement ou en parallèle, en introduisant le concept de données iconiques et en se servant d'un ensemble de règles gérant les relations entre les contenus à apprendre et les images qui servent à les comprendre, sans limite du nombre de plans vidéo ni de la complexité des relations établies entre ces plans.

Un autre prototype a ensuite été mis au point en 1994 sous l'impulsion de Gilberte HOUBART² au MIT Media Lab (Cambridge, États-Unis), « *Viewpoints on Demand* », dans le cadre du programme de recherche sur le « Journal du Futur ». À partir d'une base de reportages vidéos sur la guerre du Golfe (quatre interviews pour deux à trois heures de vidéo) via un écran intermédiaire, le système propose à l'utilisateur de sélectionner un ou plusieurs journalistes, des titres de thèmes ou d'arguments, et une durée de temps de visionnement (de cinq à vingt minutes). Le partage du contrôle entre l'auteur et le spectateur aboutit à un montage vidéo (enchaînement de séquences) généré par le système, respectant les choix de départ et créant leur articulation. Les reportages ont été au préalable regroupés en chapitres par l'auteur, ce qui permet leur enchaînement automatique ensuite. L'objectif est de permettre un montage vidéo personnel automatisé à la demande. Parmi les critiques énoncées sur cet outil, la fausse objectivité des contenus et l'absence de capacité d'analyse étaient reprochées dès lors qu'il est impossible de présenter tous les points de vue des acteurs concernés. D'autre part, la reconstruction d'un programme linéaire à partir d'une base multidimensionnelle peut être perçue comme une régression vers un mode de visionnement linéaire traditionnel.

Pierre MOEGLIN (1996, p. 36) observe ainsi que « des séquences dont le déroulement ne peut être interrompu qu'à leur terme (...) imposent leur ordre de consultation (résurgence de l'enseignement programmé), tandis que d'autres informations encore, flottantes, ne se prêtent qu'à une collecte par lectures transversales et par mise en relation (davantage dans la logique des télécommunications). Des unes aux autres, trop de solutions de continuité handicapent l'acquisition multimédia ».

Passer d'un état linéaire à un état fluctuant n'est donc pas suffisant. Comme l'écrit Daniel COSTE (1996, p. 45), « il y a lieu de s'interroger sur les conditions à remplir pour que ces navigations ne soient pas seulement de plaisance ou de cabotage aléatoire, mais répondent vraiment à des trajectoires d'apprentissage arrêtées en connaissance de cause ».

2. Revue *NOV'ART* Spécial, février 1996.

La reconnaissance automatique des contenus est-elle possible ?

Nous avons en effet la possibilité théorique grâce aux technologies du numérique, d'aller assez loin dans l'affinement du catalogage de contenus. Des analyses appliquées à des documents audiovisuels proposés dans une base de données permettent une rapidité de recherche multicritères et l'accès à de nombreux exemples pour s'adapter à de multiples cas de figure (utilisation en cours ou en autoformation), aussi bien dans le plan de la langue (indexation linguistique - les formes : temps passés, futur... - et didactiques, ce qui pose habituellement problème dans l'apprentissage : accents, mots idiomatiques, fautes fréquentes de natifs...), que de la culture, de la didactique ou de l'analyse filmique de l'image.

Mais le problème principal des dispositifs existants réside dans la saisie au cas par cas des contenus multiples de l'image et du son, suivie du classement et de l'indexation des données dans des grilles.

C'est ce qu'exprime Véronique PUGIBET (1996, p. 55) : « Les banques de données et le multimédia permettent à l'apprenant de "plonger" en quelque sorte directement dans cette mosaïque de signes que sont les images, les sons et textes mais qui auront été organisés, "didactisés" pour lui, afin qu'il s'en pénètre au maximum. Il est important de souligner qu'à travers toutes les expériences présentées, la quantité de travail nécessaire à l'élaboration de séquences multimédia a semblé colossale. »

Des expériences montrent que des procédures d'automatisation de ces tâches seraient possibles, pour faire ce travail à vitesse accélérée, et atteindre un effet de volume d'information suffisant pour répondre efficacement à toute requête en situation d'apprentissage, et justifier ainsi son emploi en formation.

Recherches en analyse automatique d'images

Les exemples ne manquent pas dans ce domaine : reconnaissance des défauts de forme sur des produits manufacturés (Seddix HADFI, 1991) par l'exploitation d'images binaires ou en niveaux de gris, avec détection des contours des objets mis en corrélation avec des algorithmes de détection de formes (algorithmes de PREWITT, de SOBEL, de CANNY, de KIRSCH, de LAPLACE...); méthodes de reconnaissance d'animaux ou d'autres objets (Pierre CLEMENT et Valdiodio NDIAYE, 1995) ; la détection et la localisation automatique des visages de face ou de profil (Renaud SEGUIER, 1995) par modélisation des formes courbes elliptiques, en temps réel et quels que soient le fond et l'éclairage de la

scène... Relevons quand même que ces recherches ressortent toutes de domaines spécialisés : médecine, biologie, kinésie, météorologie...

Une analyse plus globale est-elle possible ? En la négative actuelle, il y aurait plus d'intérêt à séquencer ce travail en plusieurs phases de traitement, avant de les rassembler au final.

Si comme l'a écrit Pierre BOURDIEU (1996), « en fait, paradoxalement, le monde de l'image est dominé par les mots », alors il devrait être possible d'en automatiser, tout comme pour l'écrit, une lecture organisée qui en suivrait sa structure. Mais avant de revenir sur cette question, observons comment se comporte une série d'images fixes, dont l'affichage en succession rapide sur un support redonne à l'œil l'illusion du mouvement.

Reconnaissance automatique de séquences vidéos³

Julia KRISTEVA note (1981, p. 312-314) que dès le début, le cinéma se considère comme un langage et cherche sa syntaxe et son énonciation filmique de façon d'autant plus accentuée que, muet, il cherchait une structure différente de celle de la parole. Les différences essentielles opèrent selon les mots de Christian METZ (1970) en ce que l'image est « toujours parole, jamais unité de langue » (il n'y a pas d'unité de l'ordre du phonème). Il y a bien un discours fondé sur une base syntaxique. La façon de faire la plus efficace (et sans doute la seule réaliste) pour systématiser une analyse automatisée des créations audiovisuelles qui s'inscrivent dans ce schème et de n'en retenir qu'une approche sémiotique dénotative, basée le plus souvent sur les possibilités techniques de prises de vue (mouvements de caméra) et de choix au montage (type d'enchaînement des séquences).

Ainsi, Mourad CHERFAOUI (1995) présente quinze années plus tard des possibilités d'indexation de vidéo similaire à celle des textes structurés, à partir d'une interprétation et d'une mise en structure des documents bruts d'origine, selon le contenu visuel et sonore, avec pour objectif de permettre une multiplicité de parcours. Des repères doivent permettre une lecture aisée et personnalisée de l'écriture vidéo. L'extraction des informations visuelles se fait au moyen du repérage des séquences d'image. Ce travail est automatisé, ce qui permet d'éviter un traitement manuel fastidieux, à partir des ruptures de plans et de la

3. Une étude spécifique sur ce thème a été réalisée par nos soins auprès d'institutions et d'organismes Japonais en 1998 et publiée dans la *Revue de l'EPI* n° 93.

reconnaissance des mouvements de caméra, et leur concordance avec des modèles prédéfinis, permettant de multiples possibilités d'interactions.

Une application pratique existe de ces principes avec le produit *Videoscribe*, utilisé pour les besoins de l'INA (Institut National de l'Audiovisuel), dont la documentation précise qu'il opère une description de documents audiovisuels à plusieurs niveaux de la structure, depuis une gestion documentaire macroscopique jusqu'à une analyse détaillée au niveau de la séquence, par la détection automatique des ruptures de plan et l'analyse de la dynamique du signal audio. Cette structuration de l'information permet alors de gérer une base de données représentées par un corpus de planches d'images décrivant des segments de films, et d'accéder facilement aux plans choisis séquencés sur magnéto-scope.

En 1996, Nabil MADRANE à partir de ces problèmes d'analyse et de représentation de la navigation dans les bases de données de documents vidéo, développe lui aussi un outil d'analyse de scènes sur le même modèle qui, à partir d'une analyse d'images, détecte les plans et les dialogues, mais indexe les contenus cette fois dans une macro-segmentation sous forme de graphe pour aboutir à une description compacte visuelle, avec identification des acteurs, qui dépasse le cadre d'une représentation statique puisqu'elle inclut aussi le détail des mouvements de caméra, des occurrences de plans et des mouvements dans le cadre.

La même année Brigitte SIMONNOT reprend cette représentation en forme de graphe conceptuel et permet de représenter avec des contenus complexes liés au savoir-faire des domaines de la documentation et du média vidéo. Ces graphes sont interrogeables par des mots-clés interprétés par des agents intelligents. Ils s'appuient sur les jugements de l'utilisateur pour améliorer la recherche et pour évaluer leurs performances, afin d'évoluer en mode dynamique et en coopération entre eux.

Reconnaissance automatique de sons

Un logiciel du type de celui utilisé par le système LAVAC (Anthony STENTON, 1992) repère automatiquement les séparations entre les mots des phrases et distingue dans une production orale autant d'unités que voulu, en réglant un paramètre d'absence de son⁴ sur la piste audio. La

4. Ce découpage automatique de la bande son se fait à partir de fichiers de type .WAV, ce qui exclut un traitement automatique de fichier audiovisuel de type MPEG, à moins de dissocier préalablement les sous-fichiers vidéo et audio dont se compose le fichier final et de réencoder ensuite le son...

difficulté majeure dans ce domaine pour Maryse QUÉRÉ (1991, p. 40) est que « le traitement automatique des langues naturelles pose des problèmes extrêmement complexes dont on peut prendre la mesure en constatant les insuffisances (...) de la compréhension de la parole continue, indépendamment du locuteur ou de la traduction automatique. Une telle activité exige en effet, la collaboration de disciplines très différentes telles que la linguistique calculatoire, la linguistique générale, la linguistique contrastive, l'informatique, la logique formelle, la psychologie cognitive... », sans oublier (Pierre LOARER et Étienne NORMIER, 1996, p. 115) la « linguistique automatique et les statistiques ».

Un courant d'enseignement s'était d'ailleurs porté sur l'étude de la forme des lèvres dans la production sonore. Une systématisation en vue d'une reconnaissance automatique en a même été recherchée par Mohamed-Tahar LALLOUCHE (1991) par l'étude des mouvements du conduit vocal et en particulier le contour des lèvres, la labiométrie, lors du dépouillement automatique de séquences vidéo d'images en couleurs.

Une autre solution pourrait consister à transiter par une étape intermédiaire de mise en écriture de la production orale à analyser. Bernard STEIGLER (1985, p. 78) ne justifie-t-il pas une approche par étapes successives d'interprétations quand il rappelle que « Jacques DERRIDA écrivait que la parole est toujours déjà écriture ». Cette écriture étant interprétable par l'analyse linguistique, qui « résout le discours oral en une série finie d'unités d'information élémentaires » (JAKOBSON, 1965, p. 87).

Reconnaissance automatique de textes

Les progrès de l'intelligence artificielle autant pour la production d'écrit que pour l'analyse de corpus est un domaine où les travaux des chercheurs ont particulièrement bien avancé à la fin du millénaire précédent.

Comme par ailleurs les dictées vocales des logiciels de bureautique progressent régulièrement au point d'être bientôt capables d'écrire une phrase prononcée à vitesse normale⁵, nous pouvons imaginer le processus suivant : dans un premier temps, un système transcrirait par écrit la partie audio de la vidéo (reconnaissance vocale automatique et transcription). Dans un deuxième temps, cette production « écrite » (processus

5. Début 1996, *01 Informatique* n° 1392 p.36 présentait la Dictée Personnelle d'IBM qui prétendait obtenir un taux de reconnaissance de la voix de 97%.

inverse de l'écrit oralisé tel que nous le trouvons dans certains logiciels qui lisent par voix de synthèse toute production écrite) serait analysée par des logiciels spécifiques capables d'en trouver le sens et de remplir une grille d'analyse adéquate.

Les travaux portant sur l'analyse de textes opèrent ainsi de diverses façons. Selon Maryse QUÉRÉ (1991, p. 40), « les techniques inspirées de l'intelligence artificielle (...) sont seules capables de prendre en compte le domaine dans toute sa diversité et dans la hiérarchie extrêmement délicate des différents facteurs qui interviennent dans la détermination des textes ».

Un exemple nous en est donné par François CHARPIN (1995, p. 111-124) avec l'analyse morphologique des mots, « considérés comme des chaînes de caractères délimitées par des blancs ». Elle se décompose en « deux opérations principales : dans un premier temps, à l'aide des règles grammaticales, on dresse l'inventaire de toutes les formes lexicalisables (les lemmes) susceptibles de fournir ce mot ; dans un second temps, on identifie dans la collection de ces lemmes, le lemme ou les lemmes qui sont attestés dans le dictionnaire de la langue. Qu'il s'agisse d'un système informatique ou d'un locuteur qui apprend une langue étrangère, la démarche est la même. Elle repose sur la connaissance précise des objets grammaticaux et lexicologiques propres à un idiome donné (...). L'expertise pédagogique repose sur la distinction entre le savoir qui dépend des règles et le savoir qui dépend du lexique ».

Et comme le dit Maryse QUÉRÉ (ibid.), « l'important (...) est d'appliquer des règles (et non de se rattacher à un système de formes aléatoires). Les systèmes experts apportent, sur ce point, une amélioration sensible ; en séparant soigneusement les données et les traitements qui leur sont imposés, ils permettent de construire et d'interpréter les objets linguistiques en respectant la structure de la langue ».

Conclusion : évolution et enjeux des interfaces de consultation

Pour l'utilisateur/consommateur, il convient comme le demandaient les sénateurs Pierre LAFFITTE et René TREGOUET (1993, p. 12) qu'il puisse être « actif et qu'il se déplace à son gré dans un système convivial », puisque pour eux la conséquence de l'avènement du numérique est de recomposer « l'industrie des systèmes d'information autour de deux pôles complémentaires : la télévision interactive et les réseaux haut débits » (p. 109).

La consultation en ligne des vidéos est une étape obligée de toute évolution des produits numériques, aussi bien pour recevoir de nouveaux contenus que pour partager ceux créés en propre. Emmanuelle CARETTE et Henri HOLEC (1996, p. 91) déterminent parmi ces spécificités un « continuum méthodologique » auxquels doivent pouvoir répondre les outils d'apprentissage (...) et proposent des matériels du plus directement au moins directement adaptable, c'est-à-dire du « pré-construit » au « à construire soi-même ». C'est en effet un des souhaits énoncés par de nombreux formateurs, comme Muriel GROSBOIS (1996, p. 54), qui utilise le produit *OpenMind*, à base de séquences de vidéo numérique : « l'idéal serait que les apprenants puissent avoir accès à une variété de ressources qui pourraient être entre autres divers logiciels (chacun doté d'une spécificité, d'un objectif), des bases de données disponibles via Internet donnant accès à de nombreux documents. Cela faciliterait aussi la mise en place d'un apprentissage distribué ». Une connexion aux réseaux permettrait donc de trouver l'ensemble de ces éléments.

En ce qui concerne la mise en ligne des productions vidéo, la limite principale à son utilisation, pour l'instant, est essentiellement technique. William HAWORTH (1995, p. 177) dresse un état des ressources pour les langues accessibles via Internet et émet la constatation suivante encore valable de nos jours :

« There is a small amount of audio material for language learning-pronunciation models, basic vocabulary. Video is available at a number of sites, mainly in the form of film archives. Software decoders enable reasonable standards of playback, but this technology is not yet developed enough to give it a place in the mainstream of language technology. Although very high rates of compression are available on video, file size is still very large. Downloading and storage requirements are correspondingly high. »

Mais le développement d'accès hauts débits, passant par le câble (Noos pour Paris) ou par le satellite (TPS, C:), permettraient de s'affranchir de ces contraintes et de donner accès plus rapidement aux contenus.

Alors, comme le voulait François CHARPIN (1995, p. 119-125) avec certains de ses programmes d'apprentissage, les « différents modes d'utilisation (seraient vraiment variés) : en libre service, avec ou sans intervention de l'apprenant, avec ou sans exercices d'application (...). Le système (deviendrait) ouvert, autorisant toutes les adaptations aux exigences de la discipline et aux besoins de l'apprentissage ».

Nous atteindrions alors les deux objectifs répondant aux besoins des acteurs : variété des contenus et variété des contextes de mise en œuvre. Quant aux formes que pourront prendre ces créations, le plus innovant reste à imaginer.

Florent PASQUIER
Maître de Conférences
florent.pasquier@paris.iufm.fr

BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES

- BOURDIEU, Pierre. 1996. *Sur la télévision*. Liber. Raisons d'agir. 95 p.
- CARRETTE, Emmanuelle et HOLEC, Henri. 1996. « Quels Matériels pour les Centres de Ressources ? ». *Mélanges Pédagogiques du CRAPEL* n° 22. p. 85-95.
- CHARPIN, François, 1995. « Informatique et Analyse Morphologique » in *La pratique de l'informatique dans l'enseignement des langues anciennes*, LITALA, p. 109-125 .
- CHERFAOUI, Mourad. 1995. *Indexation et Consultation de Documents Vidéo*. Thèse de Doctorat. Rennes 1.
- CLEMENT, Pierre et NDIAYE, Valdiodio. 1995. « De l'Image Vidéo à l'Image Numérisée dans des TP » Universitaires de Biologie. *Les cahiers de l'ADMES* n° 9. p. 115-122.
- COMPTE, Carmen, 1993. *La vidéo en classe de langue*. Hachette. FLE. Autoformation. 144 p.
- COSTE, Daniel. 1996. « Multimédia et Curriculum Multidimensionnel. Outils Multimédias et Apprentissage du Français Langue Étrangère ». Tome 1. *Cahiers de la Recherche*. Université de Lille III. p. 41-50.
- DUTEIN, Christophe. 1994. « Études et Modélisations de Décodeurs MPEG : de l'Analyse des Performances à la Synthèse d'Architecture ». Thèse de Doctorat. Paris 11.
- GROSBOIS, Muriel. 1996. « Multimédia et Travail de Groupe ». DEA de Didactique. Paris 7.
- HAWORTH, William. 1995. « The Internet as a Language Learning Resource ». *EuroCALL*. Valencia. September 1995. p. 173-183.

- KRISTEVA, Julia. 1981. *Le langage, cet inconnu*. Points. 329 p.
- LAFITTE, Pierre et TREGOUET, René. 1993. *L'accès au savoir par la télévision*. Economica. 118 p.
- LALLOUACHE, Mohamed-Tahard. 1991. *Un Poste Visage-parole Couleur : Acquisition et Traitement Automatique des Contours des Lèvres*. Thèse. Grenoble.
- LE LOARER, Pierre et NORMIER, Étienne. 1996. « Techniques Linguistiques et Statistiques pour Sélectionner l'Information Pertinente ». *Actes du Colloque IDT'96*. p. 115-120.
- MADRANE, Nabil. 1996. *Indexation et représentation des documents vidéo*. Thèse de Doctorat. ENST. Paris.
- MASSELOT, Pierre. 1988. « Les écrans du J.T ». *Les cahiers du CRELEF*. n° 26. Les discours du visible : éducation, formation, culture. p. 6-45.
- MAZEAU, Jean-Paul. 1992. *De la Vidéo Virtuelle à la Compréhension de l'Image en Temps Réel par l'Analyse des Composantes Chromatiques : des Applications dans le Domaine de la Réalité Virtuelle*. Doctorat. Paris 8.
- METZ, Christian. 1970. *Essai sur la signification linguistique du cinéma*. Klincksieck. 224 p.
- MOEGLIN, Pierre. 1996. « Multimédia et Éducation : le Démon de la Convergence. Outils Multimédias et Apprentissage du Français Langue Étrangère ». Tome 1. *Cahiers de la Recherche*. Université de Lille III. p. 23-40.
- PASQUIER, Florent. 2000. *La vidéo à la demande, pour l'apprentissage des langues*, Collection Savoir et Formation, Éditions l'Harmattan.
- PASQUIER, Florent. 2000. *La vidéo numérique : techniques, enjeux, usages pédagogiques*, Collection Communication, Éditions l'Harmattan.
- PASQUIER, Florent. 1999. « État de l'art des recherches sur le multimédia et les bases de données au Japon : à la recherche de la vitesse et de l'efficacité », *Revue de l'EPI* n° 93, - Enseignement Public et Informatique- p. 93-105.
- PUGIBET, Véronique. 1996. « Multimédia et Civilisation ». *Ateliers Outils Multimédias et Stratégies d'Apprentissage du FLE*. Tome 2. Université Lille 3. p. 55-56.
- QUÉRÉ, Maryse (Coordination). 1991. *Systèmes-experts et Enseignement Assisté par Ordinateur*. Ophrys, AEM. 304 p.

- SEGUIER, Renaud. 1995. *Détection et localisation de visages dans des séquences d'images vidéo*. Thèse de Doctorat. Rennes 1.
- SIMONNOT, Brigitte. 1996. *Modélisation Multi-agents d'un Système de Recherche d'Information Multimédia à Forte Composante Vidéo*. Thèse de Doctorat. Nancy 1.
- STENTON, Anthony. 1992. *L'Enseignement Assisté par Ordinateur et par Vidéo dans l'Apprentissage de l'Anglais*. Doctorat. Dijon.
- STIEGLER, Bernard. 1985. *Technologies de la Mémoire et de l'Imagination*.
- VITALIS, André. 1994. « La Part de la Citoyenneté dans les Usages ». In A. Vitalis (dir.) *Médias et Nouvelles Technologies*. Apogée. Rennes. p. 35-44.