

**PROGRAMMATION VISUELLE
ET NAVIGATION HYPERMEDIA
POUR L'ENSEIGNEMENT DU TRAITEMENT D'IMAGE**

Patrick HORAIN

Département Images
École Nationale Supérieure des Télécommunications
46, rue Barrault, 75634 Paris Cedex 13

RÉSUMÉ

Cette communication décrit un environnement de travaux pratiques pour l'enseignement du traitement d'image. La programmation visuelle permet de simplifier l'exécution des exercices. Les exercices sont choisis et activés au moyen d'une application hypermédia qui présente également leur documentation et des rappels de cours. Pour cela, les environnements Khoros et Mosaic ont été intégrés : l'application de programmation visuelle de Khoros est lancée depuis Mosaic, et la documentation des exercices est chargée dans Mosaic depuis Khoros.

1. INTRODUCTION

Quelle que soit la discipline enseignée, l'appropriation des connaissances par les étudiants n'est effective que lorsque ceux-ci ont eu la possibilité de les mettre en œuvre, par exemple dans le cadre de travaux dirigés ou pratiques. Le traitement d'image est une discipline scientifique dont les résultats sont essentiellement visuels, si bien que son enseignement fait largement appel à l'illustration photographique. Toutefois celle-ci ne remplace pas la nécessité d'essayer et de comparer des traitements, de régler leurs paramètres, et finalement apprendre à construire un algorithme qui réponde à un problème posé. C'est par ce travail que l'assimilation des concepts théoriques abstraits peut se prolonger en un savoir-faire technique opérationnel. Pour cette raison, l'enseignement du traitement d'image à l'ENST fait une part croissante aux travaux pratiques.

L'informatique est l'outil privilégié du traitement d'image [1]. Son utilisation dans un contexte pédagogique nécessite une mise en œuvre simple, rapidement assimilable par les étudiants. Une complexité trop grande aboutirait en effet à une dispersion de l'attention sur des difficultés hors du champ de la discipline enseignée. L'apparition ces dernières années d'outils de programmation visuelle, puis de navigation hypermédia, permet une réponse adaptée à cette exigence.

**2. EXERCICES DE TRAITEMENT D'IMAGE
AVEC KHOROS**

La programmation visuelle consiste à manipuler graphiquement (directement à la souris) les objets qui

ABSTRACT

This communication describes an environment for practical training in picture processing. Working out the exercises is made simple by visual programming. Exercises are chosen and started from a hypermedia application that also presents the exercise documentation and some course reminders. This is achieved by integrating the Khoros and Mosaic softwares. The Khoros visual programming application is launched from Mosaic, and the exercise document in Mosaic is remote controlled from Khoros.

constituent l'organigramme d'un programme [2]. La mise au point, effectuée de façon visuelle, s'en trouve simplifiée car elle est intuitive. Aucune connaissance de l'ordinateur ou de son système d'exploitation n'est nécessaire pour combiner des opérateurs existant dans un nouveau programme. Après un rapide apprentissage de l'interface graphique, l'utilisateur peut commencer à développer.

Le langage de programmation visuelle utilisé pour l'environnement de travaux pratiques décrit ici est celui de Khoros [3]. Ce logiciel intègre dans sa version standard une centaine de fonctions de traitement d'image et de traitement du signal. Il permet de créer relativement facilement de nouveaux opérateurs, et constitue donc un environnement adapté tant à la recherche qu'à la mise au point d'exercices pédagogiques. Enfin, il est disponible gratuitement, ce qui est un avantage important pour l'enseignement. Un exemple d'exercice développé à l'ENST sous forme de programme visuel dans l'environnement Khoros est présenté dans la figure 1.

Chaque exercice est documenté par un ou plusieurs textes qui expliquent le programme fourni et décrivent le travail attendu, et éventuellement par des rappels de cours. Le travail demandé consiste à étudier et exécuter ce programme, puis à en modifier des paramètres (en ouvrant les fenêtres associées aux icônes représentant les opérateurs) ou à en modifier la structure (connexions entre les opérateurs). La programmation visuelle permet d'effectuer facilement ce travail, en manipulant l'organigramme directement à la souris.

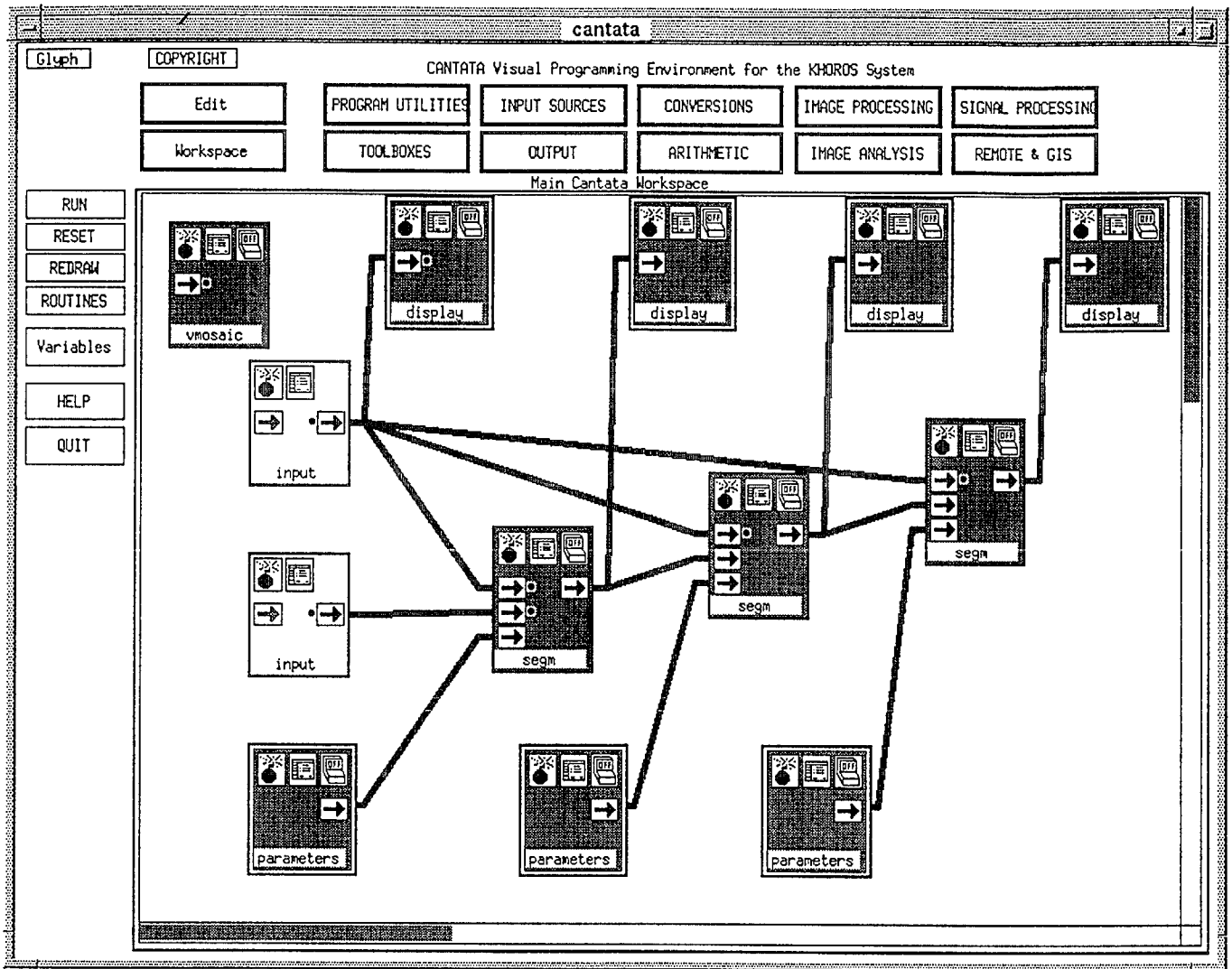


Figure 1 : Programme visuel dans l'environnement Khoros 1.0. Les icônes correspondent aux opérateurs, et les connexions représentent la circulation des données. Il est possible de modifier les paramètres d'un opérateur en ouvrant la fenêtre associée à son icône, de modifier les connexions à la souris, et d'exécuter tout ou partie de l'organigramme ainsi représenté. L'exercice présenté est une segmentation itérative d'image par champs de Markov.

Les exercices sont organisés par thème. A l'intérieur d'un thème, les exercices sont proposés suivant un enchaînement linéaire qui tend à montrer les possibilités et limites des méthodes étudiées. Par exemple, une image très contrastée sera segmentée avec succès à partir de ses contours ; l'étudiant est ensuite invité à remplacer l'image à l'entrée du programme par une autre bruitée et avec des transitions progressives entre zones, pour laquelle la segmentation markovienne donne de meilleurs résultats.

3. DOCUMENTATION ET NAVIGATION HYPERMEDIA

Les exercices devenant progressivement plus nombreux, il est apparu nécessaire de disposer d'un outil pour faciliter leur choix et leur enchaînement.

Les applications de type hypertexte permettent de se déplacer simplement parmi des documents textuels. En

sélectionnant à la souris un pointeur dans un document, on accède à un autre document désigné par ce pointeur. Ce mécanisme permet de consulter aisément les différents textes associés aux exercices.

Les applications hypermédia permettent en plus de présenter des documents de nature et de support variés (multimédia). Considérant les programmes visuels de Khoros comme un nouveau type de document, il est possible d'utiliser une application hypermédia pour présenter les exercices de traitement d'image.

Cette solution a été mise en œuvre dans les exercices et le cours abrégé de traitement d'image qui accompagnent la version 2.0, récemment diffusée, de Khoros [6]. L'application hypermédia suggérée est Mosaic, bien connue des utilisateurs du *World Wide Web* [4] car habituellement employée pour accéder à des documents à travers le réseau Internet.

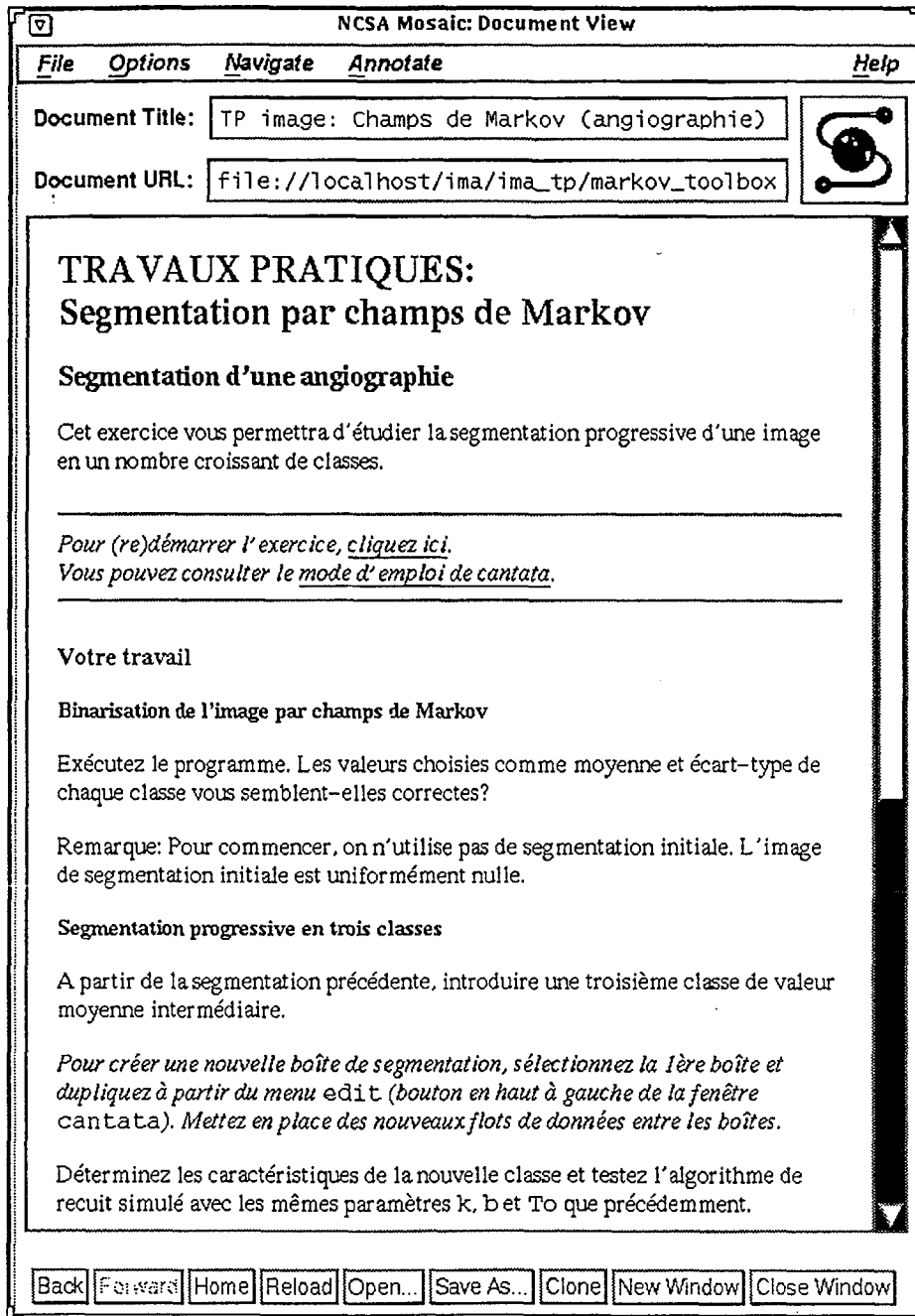


Figure 2 : Page hypermédia dans Mosaic accompagnant l'exercice de la figure 1. Le sujet de l'exercice peut éventuellement être précédé de rappels de cours. Un pointeur dans la page permet d'activer simplement l'exercice avec la souris.

L'environnement mis en œuvre à l'ENST utilise également Mosaic pour la présentation des documents qui ici sont simplement lus sur un disque local (figure 2).

Mosaic est ici paramétré pour reconnaître les programmes visuels de Khoros comme un nouveau type de données MIME [5], c'est-à-dire que l'application de programmation visuelle est automatiquement lancée lorsque l'utilisateur clique sur le lien pointant vers le programme. Ainsi, les étudiants n'ont à connaître aucune commande propre au système informatique. Non seulement l'exécution des programmes visuels mais aussi leur activation consiste en des manipulations graphiques à la souris.

Notons Mosaic peut être utilisé pour les besoins internes d'un établissement sans redevance. Les deux logiciels à la base de cet environnement de travaux pratiques peuvent être utilisés gratuitement.

4. AUTO-DOCUMENTATION DES EXERCICES

Inversement, lorsque à partir de la documentation d'un exercice on a suivi des pointeurs vers d'autres pages, il est utile de pouvoir revenir rapidement à la documentation initiale de l'exercice.

L'environnement Khoros de l'ENST a été complété par un nouvel opérateur qui utilise le protocole de contrôle à distance de Mosaic [7] pour charger dans l'application hypertexte le sujet de l'exercice (figure 3). Quel que soit le contenu de Mosaic, le programme visuel de l'exercice peut ainsi présenter sa propre documentation.

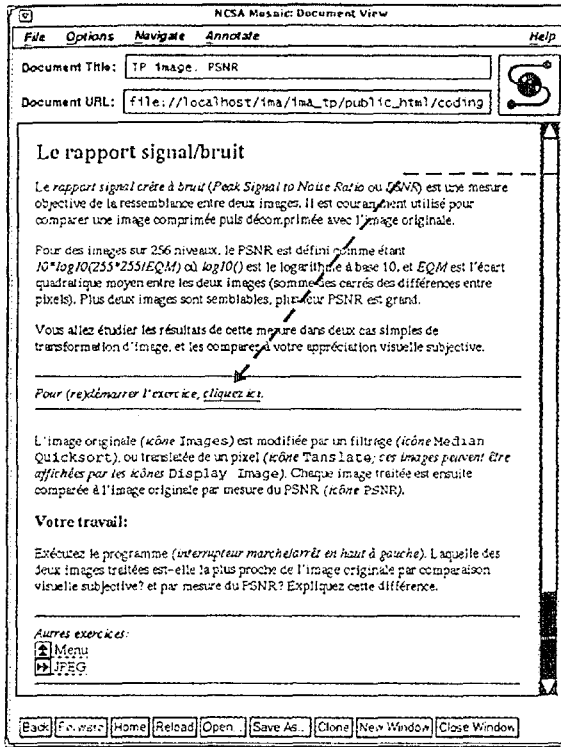
Ce mécanisme est comparable par exemple à la façon dont différentes applications de Microsoft Windows partagent une unique application d'aide. Il permet de disposer éventuellement de plusieurs documents pour différentes parties de l'exercice, ou différents sous-programmes visuels.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet environnement est actuellement utilisé pour l'enseignement du traitement d'image à des élèves ingénieurs, des étudiants en 3ème cycle et des stagiaires en formation continue. Un total de plusieurs demi-journées de travaux pratiques ont été préparées sur les prétraitements, la segmentation, et le codage.

Le logiciel Khoros, bien que destiné plus particulièrement au traitement d'image, peut être utilisé dans d'autres domaines du traitement de l'information, en particulier pour le traitement du signal.

L'environnement de travaux pratiques décrit ici repose sur une intégration de Khoros et Mosaic : les exercices de programmation visuelle Khoros sont activés depuis Mosaic, et un opérateur Khoros charge les documents dans Mosaic. Cette intégration pourrait être renforcée, pour faciliter encore davantage l'interaction avec les étudiants dans les exercices. L'application Mosaic peut s'appuyer sur un serveur qui génère à la volée des documents hypertexte [8]. Les programmes visuels Khoros pourraient ainsi être générés en fonction des réponses saisies par l'étudiant dans les documents hypertexte.



Active le
programme visuel
dans
l'environnement
Khoros

Charge la
documentation de
l'exercice dans
Mosaic

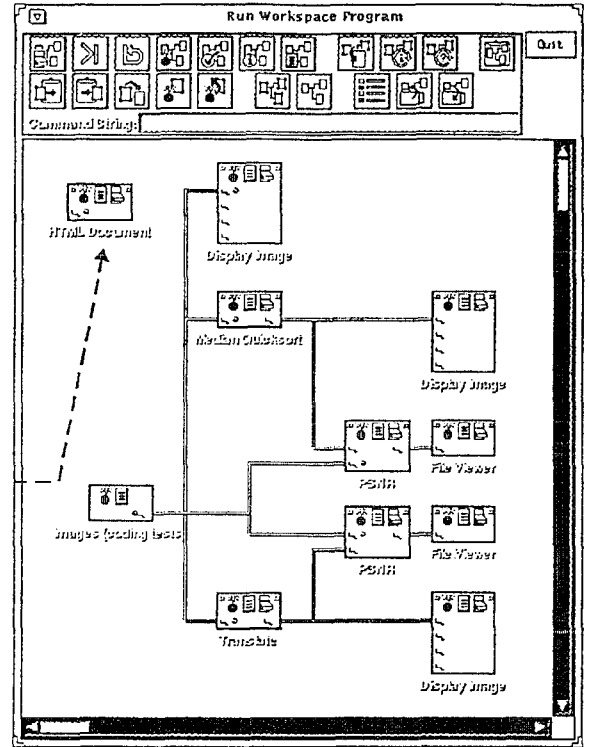


Figure 3 : L'intégration de Mosaic et Khoros. Il est possible d'activer l'application de programmation visuelle depuis la page de documentation de l'exercice. Le nouvel opérateur dans le programme visuel Khoros charge la documentation de l'exercice dans l'application Mosaic.

Enfin, à travers Mosaic, il serait possible de rendre ces exercices accessibles par le *World-Wide Web* [9], sous réserve que les opérateurs spécifiques utilisés dans les exercices soient installés sur les machines clientes. Dans le contexte des « autoroutes de l'information », ceci peut constituer une voie vers le télé-enseignement.

Remerciements

Les exercices de segmentation markovienne et de codage d'image montrés en exemples ont été respectivement développés en collaboration avec Marc Sigelle et Jean-Paul Guillois de l'ENST.

Références

- [1] Compte-rendu des *Journées EEA* "L'analyse et le traitement des images : leurs enseignements", INSA Lyon, octobre 1994.
- [2] Feature articles on "Visual Programming", *Computer*, vol. 27, no 10, IEEE, pp. 49-57, 1994.
- [3] John Rasure, Ramiro Jordán and Roberto Lotufo, "Teaching image processing with Khoros", *proc. Int. Conf. on Image Processing*, pp. 506-510, Austin, 1994.

- [4] Ronald J. Vetter, Chris Spell and Charles Ward, "Mosaic and the World-Wide Web", *Computer*, vol. 27, no 10, IEEE, pp. 49-57, 1994.

- [5] N. S. Borenstein, "MIME : a portable and robust multimedia format for internet mail", *Multimedia Systems*, vol. 1, no. 1, 1993.

- [6] Khoros Research, "Digital Image Processing with Khoros 2.0", sur le WWW à l'URL : <http://www.khoros.unm.edu/khoros/dip-course.html>, 1995.

- [7] NCSA, "Using Mosaic by Remote Control", sur le WWW à l'URL : <http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/Docs/remote-control>.

- [8] E. Duval, K. Hendrikx, H. Olivé, "World-Wide Access to Hypermedia Courseware", *proc. Int. Conf. on Computer Aided Learning and Instruction in Science and Engineering*, pp. 159-166, Paris, 1994.

- [9] Tim Berners-Lee, Robert Cailliau, Ari Luotonen, Henrik Frystyk Nielsen and Arthur Secret, "The World-Wide Web", *Communications of the ACM*, vol. 37, no. 8, 1994.