

MICROMORPH, UN LOGICIEL D'APPRENTISSAGE DE LA MORPHOLOGIE MATHÉMATIQUE

Serge BEUCHER

Centre de Morphologie Mathématique

Ecole des Mines de Paris

35, Rue Saint Honoré

77305 FONTAINEBLEAU CEDEX

Mots-clés : Analyse d'image, Morphologie Mathématique, Didacticiel, Micromorph

Matériel et Logiciel : Compatible PC, Micromorph sous MS-DOS ou Windows

RESUME : On présente brièvement le logiciel MICROMORPH, didacticiel d'apprentissage de la Morphologie Mathématique fonctionnant sous micro-ordinateur compatible PC.

MORPHOLOGIE MATHÉMATIQUE ET ANALYSE D'IMAGES

Qu'est-ce que la morphologie mathématique?

Depuis 25 ans, la morphologie mathématique (MM en abrégé) se développe sous diverses formes. Son domaine d'application privilégié a été dès le début l'analyse des images: images fournies par la microscopie (en biologie et métallographie principalement), puis images provenant de domaines de plus en plus variés au fur et à mesure que la méthode s'affinait et se diversifiait (imagerie satellite, analyse de scène, etc...). Cette méthodologie s'est peu à peu construite à partir d'acquis mathématiques divers et parfois anciens: géométrie intégrale, théorie des ensembles, topologie, théorie des probabilités, théories des graphes etc. La construction de l'édifice conceptuel de ce qu'est devenue la MM est dû à l'effort combiné de différents chercheurs au premier rang desquels il faut citer G. Matheron [Matheron 67], J. Serra [Serra 82, 88], et par la suite les chercheurs du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau.

Transformer pour mesurer

Les méthodes de la MM sont destinées à quantifier des structures géométriques. La notion d'ensemble est une bonne représentation de ces structures géométriques: un milieu poreux par exemple est constitué de deux ensembles complémentaires, les grains et les pores. La MM est donc au départ une discipline ensembliste. Les objets mathématiques manipulés par la MM sont des ensembles. Quantifier des structures revient à mesurer des ensembles. Mais mesurer signifie transformer, ne serait-ce que parce que les objets étudiés ne sont pas directement accessibles à la mesure. Il faut en effet définir les objets, les structures à étudier, ou, en d'autres termes, construire l'ensemble sur lequel portera la mesure. Cette construction s'effectue par des transformations successives qui, partant de l'image brute, vont peu à peu mettre en évidence (c'est du moins ce qu'on espère) l'ensemble à mesurer. Ces transformations sont des combinaisons de transformations élémentaires.

Complexité des transformations et facilité d'utilisation

De la même façon qu'un récit se construit à partir de phrases, elles-mêmes générées à partir de mots selon des règles précises, les mots eux-mêmes n'étant qu'un assemblage de lettres, les transformations d'images utilisées en MM se composent d'assemblages de transformations plus simples, elles-mêmes dérivées de transformations élémentaires. En utilisant la même analogie, les transformations élémentaires disponibles sont en nombre restreint, tout comme les lettres de l'alphabet. Ce nombre restreint n'est cependant pas un obstacle à l'imagination des morphologues. La combinaison de transformations élémentaires amenant à définir une nouvelle transformation permet, comme pour l'écriture, d'introduire des concepts nouveaux qui transcendent en quelque sorte la définition originale. Le mot "bateau" représente pour celui qui l'utilise un concept bien précis (qui peut dépendre du contexte). Peu importe à ce stade que ce mot soit composé d'un assemblage déterminé des lettres a, b, e, t et u. L'assemblage, l'orthographe du mot ne sont importants que pour s'assurer que l'on parle bien de la même chose. En MM, le phénomène est très courant. Une transformation comme le "squelette" est employée par l'utilisateur en tant que concept bien précis porteur de propriétés bien particulières et adaptées au but à atteindre. Peu importe que ce "squelette" soit formé d'une combinaison d'"amincissements", eux-mêmes composés d'"érosions" et d'"intersections", les "érosions" elles-mêmes pouvant se scinder en "décalages" et en "intersections".

Remarque

De tout ce qui a été dit précédemment, on pourrait conclure à tort que la MM ne s'applique qu'à des images à deux composantes. Ce n'est en fait pas le cas et les transformations définies pour les images binaires peuvent être généralisées pour des images à teinte de gris, les images couleur, à deux ou trois dimensions.

LE DIDACTICIEL MICROMORPH

Qu'est-ce que MICROMORPH ?

Le développement de la MM s'est toujours déroulé sur deux plans: un plan théorique, avec l'élaboration de concepts nouveaux, mais également un plan pratique par l'application de la MM à la résolution de problèmes concrets d'analyse d'images. L'étude pratique des images a pu être menée à bien par la mise au point d'analyseurs d'images spécialisés permettant de réaliser les transformations de la MM sur des images digitalisées. Ces analyseurs d'images ont, comme les ordinateurs, connu plusieurs générations, de plus en plus sophistiquées au fur et à mesure des progrès de l'électronique. Ce furent d'abord des machines assez frustes, capables d'effectuer tout au plus une ou deux transformations élémentaires sur une image; puis, avec l'adjonction de mémoires images, l'itération des transformations devint possible, permettant la complication des traitements. Les dernières versions d'analyseurs de texture permettent le traitement d'images de teintes de gris, de taille de plus en plus grande (512 x 512 et même 1024 x 1024) dans des temps de plus en plus rapides.

L'apprentissage de la MM consiste à se familiariser avec les transformations élémentaires (l'alphabet), puis à apprendre à combiner ces transformations élémentaires pour en obtenir de plus complexes (les mots), enfin à agencer ces transformations afin de résoudre les problèmes posés (c'est l'apprentissage de la grammaire et de la syntaxe).

L'acquisition de ce savoir faire est quasiment impossible sans l'aide d'un de ces analyseurs d'images décrits plus haut. Malheureusement, ces appareils sont rares et souvent fort chers. Leur accès est donc réservé pour des tâches plus lucratives que les activités d'enseignement.

De plus, leurs performances devenant de plus en plus grandes, les vitesses de traitement sont souvent trop importantes pour que l'apprenti morphologue puisse observer toutes les étapes des transformations.

Forts de ces constatations, il nous est apparu nécessaire de mettre à la disposition de l'utilisateur un outil pédagogique peu onéreux mais suffisamment performant pour ne pas rebuter par des temps d'exécution trop longs. L'utilisation d'un micro-ordinateur semblait la solution adéquate.

MICROMORPH est plus qu'un logiciel d'apprentissage de la MM. C'est un véritable langage permettant, à partir d'un nombre restreint de primitives, de construire des transformations morphologiques de plus en plus complexes. La structure du langage est conçue de telle façon que l'utilisateur a la possibilité de créer ses propres mots, de construire son propre dictionnaire. Pour reprendre l'analogie citée précédemment, MICROMORPH fournit à l'apprenti morphologue l'alphabet; libre à lui alors de fabriquer les mots, puis les phrases.

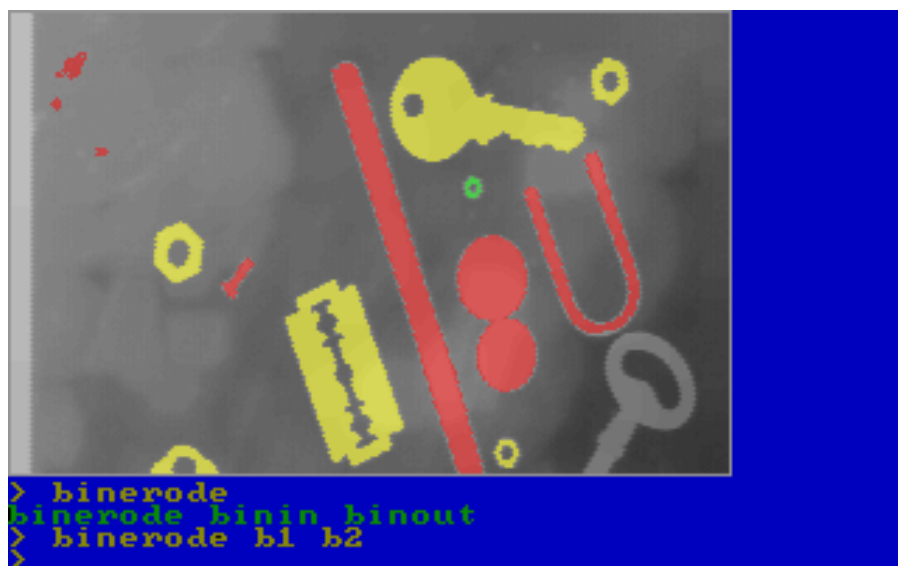
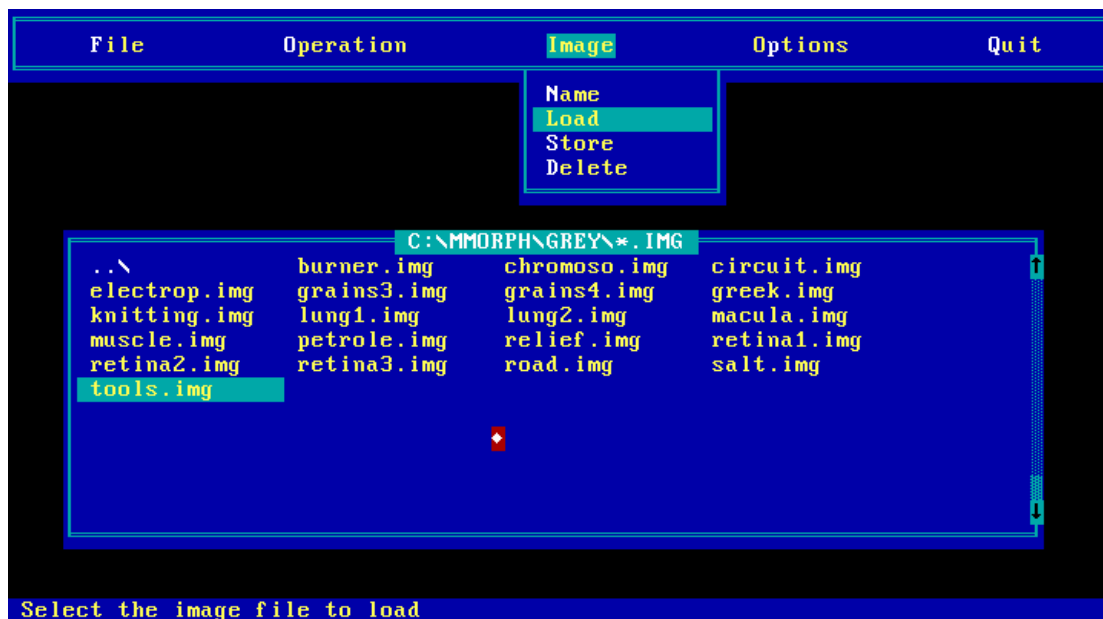


Figure 1 : MICROMORPH, version MSDOS - Le menu principal (en haut) et l'écran de visualisation et de transformation d'images (en bas).

Les différentes versions de MICROMORPH

MICROMORPH fonctionne sur tout micro-ordinateur PC compatible. Deux versions de ce logiciel existent : une version DOS ancienne mais disposant déjà de vastes fonctionnalités (Figure 1) et une version Windows (Figure 2) qui permet de traiter des images de plus grande taille et de réaliser de véritables applications en imagerie en utilisant l'environnement Windows pour effectuer les tâches connexes au pur traitement morphologique des images. La documentation accompagnant le logiciel est constituée de trois manuels [Beucher & Gratin 89]. Le manuel de référence décrit les différentes fonctionnalités du logiciel et du langage de programmation. Les deux autres manuels présentent une large série d'exercices, d'algorithmes et d'applications en traitement d'images, la plupart d'entre eux ayant été élaborés à partir de cas réels. Le lecteur peut suivre pas à pas grâce à des solutions commentées les différentes étapes du traitement pour arriver à la solution recherchée.

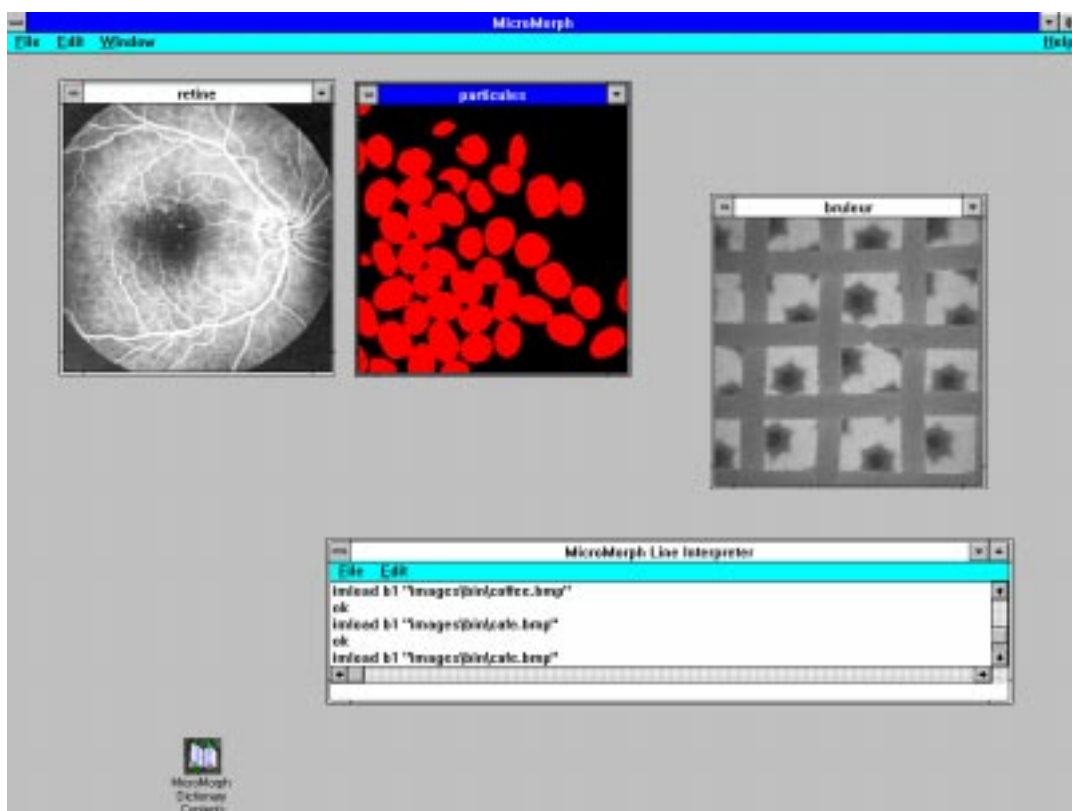


Figure 2 : La version Windows de MICROMORPH

BIBLIOGRAPHIE

Beucher S. , Gratin C. : MICROMORPH, Documentation - Manuel de Référence, Applications, Solutions, Ecole des Mines de Paris, 1989.

Matheron G. : Eléments pour une Théorie des Milieux Poreux, Masson, Paris, 1967.

Serra J. : Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, London, 1982.

Serra J. Ed. : Image Analysis and Mathematical Morphology- Theoretical advances, Academic Press, London, 1988.