

25  
ANYS  
1968  
1993

Doctor Honoris Causa

JEAN  
SERRA



Universitat Autònoma de Barcelona  
Servei de Biblioteques



1500375137



Universitat Autònoma de Barcelona

---

Doctor Honoris Causa

JEAN  
SERRA

Discurs llegit a la  
cerimònia d'investidura  
celebrada a la sala d'actes  
de la Facultat de Ciències  
el dia 3 de desembre de  
l'any 1993



Biblioteca General  
Edifici A  
08193 Bellaterra (Barcelona) Espanya

Bellaterra, 1993





>Editat i imprès pel  
Servei de Publicacions  
de la  
Universitat Autònoma de Barcelona  
08193 Bellaterra (Barcelona)

ISBN: 84-7929-994-0  
Dipòsit legal: B. 38.479-1993

---

PRESENTACIÓ  
DE  
JEAN SERRA  
PER  
JUAN JOSÉ VILLANUEVA

---

Excel·lentíssim i Magnífic Senyor Rector,  
Digníssimes Autoritats,  
Estimats companys i amics,  
Senyores i Senyors,

La investidura d'un doctor *honoris causa* és per al grup universitari que el proposa un esdeveniment de primera magnitud. Aquest esdeveniment encara és més rellevant en el nostre cas, atès que Jean Serra és el primer doctor *honoris causa* del Departament d'Informàtica. Per al Grup de Visió per Computador això, a més, significa un altre pas endavant vers la consolidació.

Un acte com aquest significa una doble reconeixença per part de la nostra universitat; d'una banda, al candidat per la seva vàlua i pel suport que ha donat a algun grup de recerca de la UAB, i d'altra banda, al grup que el proposa i a la recerca que realitza. Tot això és més vàlid si el candidat té la categoria humana i científica del professor Jean Serra.

Jean Serra, d'avantpassats alacantins, va començar els seus treballs de recerca en l'àmbit de la teoria de la geoestadística, on va introduir nous conceptes, com ara el fenomen de transició o el variograma esfèric.

Sense oblidar la importància dels seus primers treballs de recerca, l'aportació científica més important del professor Serra és la creació i l'establiment de les bases, juntament amb Georges Matheron, dels mètodes de la morfologia matemàtica cap a la meitat dels anys seixanta. Posteriorment el professor Serra ha desenvolupat extensament i intensament els aspectes teòrics i aplicats d'aquesta metodologia. Totes aquestes aportacions es van fer paleses en la publicació del llibre titulat *Image Analysis and Mathematical Morphology*, el primer volum del qual fou publicat el 1982 i el segon, el 1988. Gràcies a aquest, la morfologia matemàtica ha esdevingut una de les metodologies més importants en processament i anàlisi d'imatges dels darrers vint anys.

La creació del Centre de Morfologia Matemàtica que dirigeix el professor Serra va contribuir a formar una escola que abasta tot el món, de la qual el professor Serra és el líder indiscutible. Una de les línies de treball del nostre grup forma part d'aquesta escola. Ara com ara, Jean Serra és una citació obligada en qualsevol article de morfologia matemàtica que es publiqui arreu del món. No fa gaire temps la morfologia matemàtica encara era un tema de recerca que s'explicava exclusivament en cursos especialitzats o en programes de doctorat. El nostre grup ha organitzat alguns cur-

---

sos especialitzats de morfologia matemàtica en què ha participat el professor Serra. A més, des de fa uns anys, en el marc d'un programa de doctorat en informàtica es fan assignatures especialitzades en la morfologia matemàtica.

Fa ben poc que la morfologia matemàtica ha arribat als cursos universitaris regulars i als llibres de text de processament i anàlisi d'imatges. En la carrera d'Informàtica de la nostra universitat, com també en les d'altres universitats del món, s'expliquen temes de morfologia matemàtica. També els nous llibres de text de processament i anàlisi d'imatges o les noves edicions dels llibres de text clàssics contenen temes de morfologia matemàtica.

La morfologia matemàtica forma un cos de doctrina autocontingut des del punt de vista teòric, que ha donat lloc a un conjunt de tècniques que han estat desenvolupades i aplicades pel mateix professor Serra o per la seva escola en diferents camps, com ara la física, la geologia, la biologia, l'estereologia, etc. Fins i tot el mateix president de la Societat Internacional d'Estereologia diu que les aportacions del professor Serra han contribuït, en gran manera, a establir l'estereologia com una ciència. No obstant això, ha estat en el camp del processament i l'anàlisi d'imatges on les aplicacions de la morfologia matemàtica han resultat més fructíferes.

Els fonaments científics de la morfologia matemàtica es basen en l'àlgebra, la geometria integral, els processos estocàstics i els reticles arbitraris. Tots aquests coneixements s'han plasmat en multitud d'articles i en els dos llibres ja esmentats.

En el camp de les imatges digitals, la morfologia matemàtica ha aportat una visió totalment nova. En comptes de considerar, com fan les teories clàssiques, la imatge com un senyal bidimensional, la morfologia matemàtica introduceix un tractament no lineal i considera la imatge com un conjunt. A partir d'una operació bàsica i de les seves propietats, es desenvolupa un sistema elegant, intuïtiu i computacionalment molt eficient, que ha donat molt bons resultats. Al principi es va desenvolupar la teoria per a imatges binàries i més tard es va estendre a imatges amb nivells de grisos.

El grup de Fontainebleau no solament ha posat els fonaments d'aquestes tècniques, que s'han publicat en un gran nombre de revistes i congressos, sinó que ha elaborat i optimitzat els algorismes corresponents.

Paral·lelament, el professor Serra no ha perdut de vista que no n'hi ha prou amb les subvencions oficials perquè un centre continuï viu, i és per això que s'han portat a terme projectes per encàrrec, desenvolupaments comercialitzables, patents, etc. En aquesta línia, el professor Serra i el seu equip també han elaborat una bona quantitat de sistemes i de *software* com el sistema TAS (1971) per a l'empresa LEITZ, que fou un dels primers sistemes de processament d'imatges de microscòpia aplicats a biologia i medicina. Un d'aquests primers sistemes va arribar a un hospital català i va ser àmpliament utilitzat per un anatòmico-patòleg professor de la nostra universitat. També caldria esmentar, atesa la seva difusió, el paquet de *softwa-*

---

*re* de processament d'imatges Visilog desenvolupat al CMM (1987), que actualment és un dels més coneguts. Altres desenvolupaments són la integració de les operacions de morfologia matemàtica en xips per accelerar els algorismes de processament d'imatges.

La col·laboració del nostre grup amb el professor Serra va començar l'any 1986, quan tot just començàvem el nostre camí en el camp de les imatges digitals. De fet, fou una coincidència que en un congrés internacional veïs que una investigadora del CMM presentava una ponència sobre la morfologia matemàtica aplicada a la inspecció de circuits integrats, que casualment era una aplicació que volíem començar a la UAB en col·laboració amb el Centre Nacional de Microelectrònica. El nostre grup era llavors molt petit; solament dos o tres estudiants treballaven amb mi i començàvem a tirar endavant un equip de processament d'imatges sense cap experiència, però amb moltes ganes de treballar. Era la primera vegada que sentia parlar d'aquelles tècniques aplicables a l'anàlisi d'imatges i que es denominaven morfologia matemàtica. No era un algoritme aïllat, semblaven tècniques molt intuïties, ben formalitzades i amb un gran camp d'aplicació molt ampli. No obstant això, no figuraven en cap dels manuals de processament d'imatges; no entenia ben bé per què. Em vaig interessar pel projecte i per aquestes tècniques i se'm va convidar a visitar el Centre de Morfologia Matemàtica a Fontainebleau. Encara em recordo de la visita i de la càlida impressió que em va fer l'antic edifici on era i encara és el CMM.

En aquesta visita a Fontainebleau vaig conèixer el professor Serra. Jo no li volia fer perdre el temps atès el meu desconeixement de les tècniques de morfologia matemàtica, però varem parlar molt llargament per iniciativa seva i va proposar mantenir una col·laboració. Per al nostre grup aquesta era una oportunitat magnífica, com ho és per a qualsevol grup de recerca jove; tenir el suport d'una de les personalitats més importants en el seu domini. Em va acompanyar personalment a l'estació de ferrocarril i vaig tornar a París amb la convicció que havia tingut una gran sort tant en l'àmbit científic com en l'humà en conèixer una personalitat com la d'en Jean Serra. Estava sorprès tant per la seva visió de la perspectiva científica del camp del processament i l'anàlisi d'imatges des del vessant teòric i aplicat, com per la percepció de la realitat de la problemàtica del món de les aplicacions pràctiques i el contacte amb les indústries.

Al cap de poc temps de la meva tornada a Barcelona, se'ns va oferir de participar en un programa europeu que havia de liderar un grup de recerca alemany i que al final no va ser concedit per la Comunitat. Més tard vam participar, aquesta vegada amb èxit, en un altre programa europeu que va permetre l'intercanvi de personal entre els nostres dos laboratoris. A partir d'aquí les relacions es van anar intensificant progressivament.

Un congrés que va tenir lloc a Barcelona va fer decidir Jean Serra a passar el seu any sabàtic a mig camí entre la Universitat Politècnica de

---

Catalunya i la Universitat Autònoma de Barcelona. L'estada va tenir lloc durant l'efervescència olímpica del curs 1991-1992.

Durant aquest curs va publicar diversos articles com a professor de la Universitat Autònoma de Barcelona i va dirigir un treball experimental, a més de participar en el dia a dia de la vida del nostre grup d'investigació. Les nostres activitats conjuntes no s'han aturat encara que hagi marxat. Actualment una persona del seu grup està fent una estada postdoctoral aquí, i jo mateix he estat proposat per ell com a membre del *board* del congrés de morfologia matemàtica del setembre vinent a Fontainebleau. També hi ha en marxa la petició conjunta d'una xarxa temàtica en col·laboració amb altres universitats europees sobre un tema tan important com és l'anàlisi automàtica de documents.

L'any que va passar amb nosaltres no solament va ser fructífer en activitats científiques i acadèmiques, sinó que va permetre afermar una amistat que es va estendre a membres del meu grup, i fins i tot a les nostres famílies.

Una anècdota curiosa que alhora mostra la seva capacitat d'integració es va produir quan la família Serra va arribar a Barcelona. La senyora Serra, que és metgessa, va voler aprofitar l'any sabàtic per continuar els seus estudis en el camp de la nefrologia i es va posar en contacte amb l'Hospital de Bellvitge per treballar-hi a mitja jornada en el temps que li permetien els dos fills Jean-Remi i Hellenne. Curiosament, va anar a parar a un grup que estava començant a treballar en processament d'imatges aplicades a l'anatomia patològica del ronyó, i es va trobar que, juntament amb el sistema de tractament d'imatges que acabaven d'adquirir, hi havia com a llibre de capçalera un llibre de Jean Serra. Quan va dir que sí que coneixia el llibre i que l'havia escrit el seu marit, l'investigador de Bellvitge es va pensar que la senyora no l'havia acabat d'entendre. Un cop aclarida la situació, la Marie-Françoise va pensar que era una bona ocasió per treballar amb imatges, va agafar la feina i va començar a estudiar morfologia matemàtica en un curs que es va fer a la UAB. A partir d'aquí es va desenvolupar un treball conjunt amb el grup de Bellvitge que encara continua i que ja ha donat lloc a algunes publicacions i a l'estudi d'un tema que segons els especialistes és molt interessant per poder relacionar la funció renal amb l'estructura dels teixits del ronyó.

Durant la seva estada a Barcelona, Jean Serra i la seva família van entrar en contacte amb la cultura catalana. Entén la llengua i és un amant del romànic català, que va conèixer durant un any sabàtic que li ha generat un bon nombre de seguidors de les seves tècniques i un grapat d'amics.

---

DÉCRIRE, OU RECONNAÎTRE?

PER  
JEAN SERRA

---

Excel·lentíssim i Magnífic Senyor Rector,  
Digníssimes Autoritats,  
Estimats companys,  
Estimats amics,

Abans de començar el meu petit discurs voldria fer palès que em sento molt afalagat per l'honor que em fa avui la Universitat Autònoma de Barcelona, elevant-me al títol de doctor *honoris causa*. Aprofito també l'avinguèntesa per donar les gràcies a tots els seus membres.

El fet que un servidor presenti breument el seu treball i, per tant, es vegi portat a parlar d'ell mateix em fa suposar que vostès em permetran tenir la prudència d'expressar-me en la meva pròpia llengua.

### Décrire, ou reconnaître?

Puisque la latinité compte parmi nos racines communes, permettez-moi de citer, en exergue à ce remerciement, la phrase suivante, d'un de nos lointains compatriotes:

Nec ipsa tamen intrant (in memoriam) red rerum sensarum imagines, illic praesto sunt cogitationi reminiscenti eas.

Quae, quomodo fabricatae sint? Quis dicit?

Saint Augustin (*Conf X-8*)

Avec les méthodes actuelles du traitement de l'image, notre époque tente, à sa manière, de répondre aux questions de Saint-Augustin. Qu'elles s'adressent à des objets fixes ou qui évoluent dans le temps, ces techniques visent deux types de préoccupations. La première consiste à rattacher la forme visible aux processus qui lui ont donné naissance ou à des propriétés générales (physiques, biologiques ou autres) qui l'accompagnent. La seconde vise à reconnaître l'image, ou certains de ces détails, afin de pouvoir notamment substituer à la perception visuelle de l'homme celle d'un calculateur, d'un émetteur, ou d'un robot. Or, ni l'un ni l'autre de ces deux finalités n'offrent de fil conducteur méthodologique pour procéder à l'analyse des images. Prenons la perméabilité d'un milieu poreux, par exemple. Ce phénomène est gouverné au niveau microscopique par une certaine équation de mécanique des fluides qui ne correspond à rien de visuelle-

---

ment intuitif. Autrement dit, la compréhension du mouvement d'un fluide dans ce milieu ne saurait se déduire de la simple observation visuelle des pleins et des creux qui le constituent. Il en va de même pour nombre de reconnaissances des formes. Les démarches de l'esprit humain font constamment appel à un univers de significations qui n'ont aucune raison de se transcrire en termes purement géométriques. Il est clair pour nous qu'un igloo et la Casa Batlló appartiennent tous deux à la catégorie «habitation», mais qu'en est-il pour un ordinateur?

Les critères visuels ne se prêtent donc pas d'emblée aux quantifications que requiert l'analyse des images. Aussi faut-il procéder de manière plus formelle. Parmi les différentes façons de décrire les phénomènes qui se manifestent dans l'espace et y déploient leur structure, il en est une qui consiste à les considérer comme des objets, c'est-à-dire comme des parties ou des sous-ensembles de l'espace dans lequel ils sont définis. La méthode d'analyse des images qui découle de ce point de vue se nomme morphologie mathématique, et a pris naissance en 1964 sous l'impulsion de Georges Matheron et de moi-même. La tournure d'esprit du premier étant plus mathématicienne, et celle du second plus physicienne, la théorie a dès le départ puisé dans cette dualité une force qui fait aujourd'hui encore son dynamisme.

En toute généralité, la structure d'un objet se définit comme la famille des relations existant entre les différentes parties de cet objet, ou «ensemble». Ces liens, la morphologie mathématique les inventoires systématiquement à l'aide de «sondes» ou éléments structurants, c'est-à-dire de formes géométriques simples que l'expérimentateur choisit et envoie vers l'objet étudié, de façon à voir comment elles coïncident avec celui-ci. Comment choisir ces sondes structurelles? Comment procéder à la comparaison avec l'objet analysé et combiner les informations qu'on en retire? En apportant des réponses concrètes à ces questions, les trois exemples qui suivent empruntés aux sciences des matériaux, à la médecine et aux télécommunications, mettent en application la morphologie mathématique et nous ferons saisir son contenu.

### **Percevoir, c'est modeliser**

Broyer des roches est une activité coûteuse, puisque dans des pays comme les nôtres, elle consomme environ 7% de la production d'électricité du pays. Aussi n'est-il pas inutile de chercher à optimiser cette opération, en adaptant le type de broyeur à la roche qu'on y met, en sachant arrêter le processus suffisamment tôt, en concevant des broyages en cascade à travers plusieurs appareils, etc. Mais pour contrôler ces différents processus et examiner à chaque étape le résultat de leur action, il est nécessaire de définir exactement ce qu'est la taille et plus généralement la texture d'une roche

---

broyée. C'est ce qu'ont fait G. Matheron et Ph. Cauwe. Se fondant sur des dizaines de broyages de roches et de minérais, dans les conditions les plus diverses, ils ont formulé l'hypothèse suivante: tout se passe comme si chaque choc dans le broyeur découpait l'espace minéral selon deux plans parallèles très proches l'un de l'autre, scindant le grain en trois parts: la lame intermédiaire et les deux extrémités. De plus, tout choc ultérieur agit sur chacune de ces trois parts selon la même loi, indépendamment du choc précédent, et selon n'importe quelle direction. En fin de compte, l'espace est ainsi zébré de doublets de brisures parallèles, doublets aléatoires en position et en orientation. Ces doublets créent une sorte de pavage irrégulier, difficile à visualiser parce que tridimensionnel, mais dont on peut aisément simuler des sections planes (fig. 1).

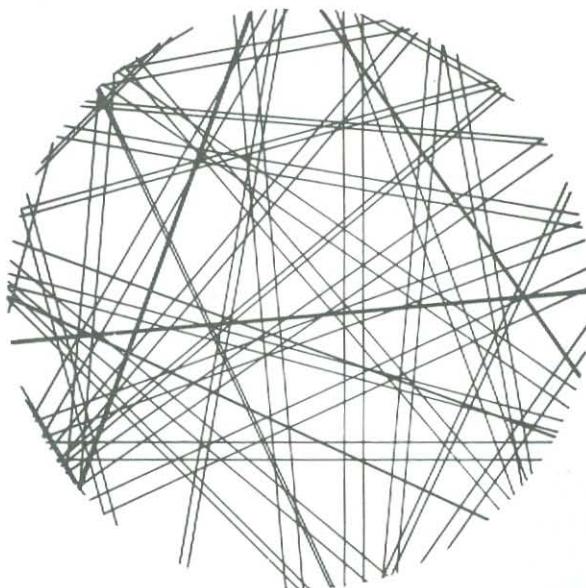


Figure 1: Simulation de doublets poissonniens.

Tester l'adéquation de ce modèle à la réalité à vérifier si la distribution des tailles et des formes des petits pavés théoriques coïncide, statistiquement, avec celle des particules minérales. Comment jauger, en pratique, le niveau de coïncidence? Faut-il prendre chaque particule minérale (il y en a des milliards), et la comparer aux milliards de grains théoriques possibles? Arrivés à ce point, la morphologie mathématique préfère procéder différemment et se donne des «instruments» de mesures des formes et des tailles (segments, cercles, paires de points, etc.) appelés *éléments structurants*.

---

Choisissons, para exemple, un cercle de rayon donné dont le centre n'est pas imposé *a priori* mais laissé libre. Cela nous offre la possibilité de le déplacer partout au travers de l'objet à sonder, telle une section polie de minerai, et de vérifier si en chacune de ces localisations, il est inclus dans les particules, ou pas. On en tire le pourcentage d'inclusion, ou proportion des cas où le cercle est inclus dans les particules. Dans un deuxième temps, nous pouvons recommencer l'expérience, en faisant varier soit la taille, soit la direction, soit la forme de la sonde en y associant dans chaque cas un nouveau pourcentage d'inclusion parallèlement, les probabilités correspondantes, celles associées au cercle par exemple, peuvent être calculées théoriquement dans le cadre du modèle mathématique des doublets de plans aléatoires. Et il apparaît que pour la totalité des expériences effectuées, le modèle n'est jamais contredit. Deux paramètres, à savoir la densité des doublets et la distance moyenne des plans d'un doublet suffisent donc à rendre compte de toute la variété des situations concrètes. C'est précisément ce qu'on appelle une loi en physique. Le réel évolue sûrement de façon bien plus complexe, mais dans le cadre assez contraignant où nous y accédons, l'approximation par doublets poissonniens, bien que grossière, permet des prédictions correctes.

## **Percevoir, c'est transformer**

Dans ce premier exemple, le lien entre propriété physique et texture échappait à la vision humaine. Mais tel n'est pas toujours le cas. Il arrive souvent que, bien que la scène à étudier soit entièrement étalée devant nos yeux, nous ayons à en modifier sélectivement certains aspects. L'une des techniques utilisées se nomme alors le *filtrage morphologique* (G. Mathéron, J. Serra 1988) que nous allons brièvement présenter en le situant par rapport au *filtrage linéaire*, plus classique.

Pour les physiciens et les électroniciens, le filtrage d'un signal est chose quotidienne. Il est d'ailleurs intuitivement aisé de se rendre compte de l'action d'un filtre: il suffit d'écouter un même disque sur plusieurs types de matériels *hi-fi* pour percevoir que les signaux qui émanent du disque sont différemment filtrés (ou «passent» différemment) par les appareils. Il s'agit d'une opération invariante par translation (les performances de l'ampli ne varient pas en cours d'audition), linéaire et continue (une distorsion est d'autant moins amplifiée qu'elle est petite). Ces trois conditions caractérisent en fait une certaine opération mathématique que l'on nomme «convolution». La raison physiologique de la linéarité est claire. Si vous écoutez à la radio un duo de piano et violon, il est tout naturel que le son amplifié soit la somme des amplifications venues du piano seul et du violon seul. Aussi bien dans l'univers sonore, l'oreille somme les signaux en provenance de sources différences (ou leurs *logs*).

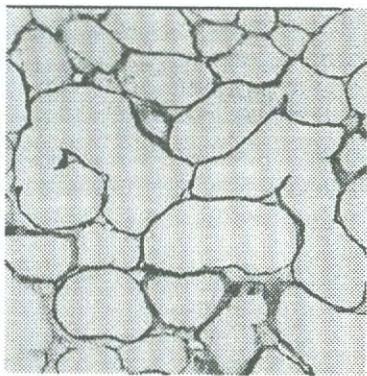
---

En analyse d'images, lorsqu'il s'agit de corriger des défauts de mise au point d'une optique, de bougé d'un photographe, là encore les phénomènes physiques sous-jacents sont eux-mêmes linéaires (le bougé est une somme de photographies décalées). Aussi est-il naturel de tenter d'utiliser l'opération de convolution pour améliorer de telles images. Pourtant, si les signaux sonores s'ajoutent, les signaux visuels, eux, ne se composent pas toujours ainsi. Le monde qui nous entoure n'est pas translucide, mais tout au contraire constitué de corps opaques, et le premier objet vu cache tous ceux qui sont derrière lui. Ainsi, si une première image représente le fond et une seconde, un objet que l'on place devant, masquant donc une partie de l'arrière-plan, il est légitime de demander que le transformé de l'objet masqué à son tour le transformé du fond. Cette condition, que l'on nomme la *croissance*, diffère fondamentalement de la linéarité. De fait, le prototype de l'opération croissante, le sup, n'admet pas d'inverse: la connaissance de  $f \vee g$  et de  $g$  ne permet pas de remonter à celle de  $f$ , alors que  $(f + g) - g = f$ . Les opérations croissantes ne constituent qu'un semi-groupe (à comparer au groupe des convolutions inversibles). Ou encore, ces transformations ne peuvent que perdre de l'information. En soi, cela n'est pas un mal puisque, précisément, nous désirons filtrer, mais à la condition qu'un second axiome vienne servir de butoir à la propension réductrice du premier. On prendra l'idempotence, selon laquelle l'effet du filtre  $\psi$  reste inchangé par itération ( $\psi \circ \psi = \psi$ ). Ainsi, le filtre morphologique exprime tout ce qu'il a à exprimer dès sa première mise en oeuvre.

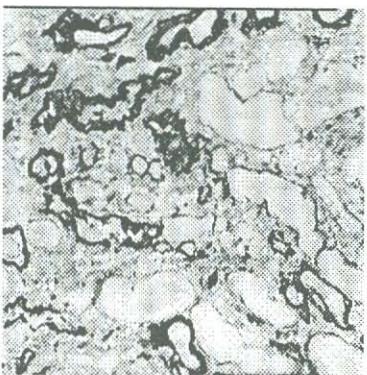
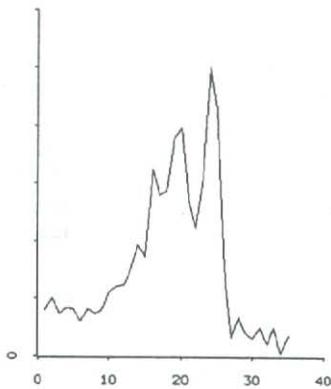
Cette nouvelle classe d'opérations, si elle ne possède pas l'immense propriété de la reversibilité, sans laquelle il n'y aurait pas de scanners médicaux, ni même de verres correcteurs pour les myopes, jouit d'autres avantages, inconnus dans l'univers linéaire. On peut transformer à la fois les ensembles en ensembles et les fonctions en fonctions, imposer un traitement dissymétrique pour les noirs et pour les blancs, introduire des conditions de connexité, et bien d'autres contraintes encore. Ces avantages apparaîtront plus clairement au travers des deux exemples qui suivent.

### **Granulométrie en histologie rénale**

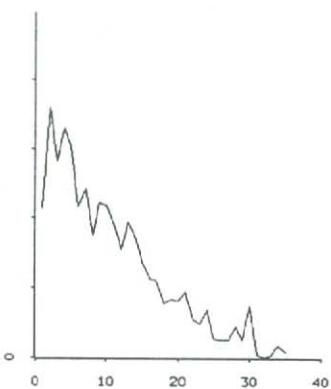
Le premier relate un travail de néphrologie débuté sous forme d'une collaboration entre les docteurs D. Seron, M. F. Colomé-Serra, F. Moreso de l'hôpital de Bellvitge, et moi-même, avant d'être poursuivi au Centre de Tractament d'Imatges de la UAB, par N. Parés et J. Vitria. Dans diverses pathologies, la détérioration de la fonction rénale, mesurée par des techniques physiologiques, va de pair avec l'altération des tissus du rein, tels qu'on peut les observer au microscope, à partir de biopsies. À l'évidence, sur la coupe pathologique de la figure 2, les tubules sont plus abimés, et l'interstitium plus envahissant que sur la coupe saine. Seulement comme



Cas a



Cas b



*Figure 2: Spectres granulométriques de biopsies de rein normal (a) et pathologique (b)*

l'évidence ne se prête guère aux régressions, ni à la comparaison de pathologies plus ou moins accentuées, nous devons formaliser davantage la démarche. Or l'examen visuel montre ici:

- que le passage au pathologique se traduit par une diminution des zones claires de la coupe (les tubules) au profit des parties sombres (l'interstitium);
- que l'un de ces deux constituant est formé d'éléments disjoints alors que l'autre est un continuum;
- qu'à l'échelle d'observation, le tissu est isotrope;

d) enfin, que l'altération, limitée aux zones en bordure des tubules dans les débuts de pathologie, agit ensuite dans un rayon beaucoup plus grand.

Reformulées en termes opératoires, ces remarques conduisent à:

a) à choisir la classe de filtres la plus sensible à la réduction des zones claires, en prenant ceux,  $\psi$ , qui agissent eux aussi par réduction (i.e.  $f \geq \psi(f)$ ). On les nomme *les ouvertures*;

b) et c) à s'orienter vers les ouvertures qui ne mettent en jeu ni critère de connexité, ni anisotropie. On prendra la plus simple d'entre elles, à savoir l'ouverture morphologique. Elle remplace le sous-graphe  $G(f)$  de la fonction initiale  $f$  par la partie de celui-ci accessible à un élément structurant de taille  $\lambda$  lorsqu'il déplace en restant à l'intérieur de  $G(f)$ . La figure 3 montre de façon plus intuitive qu'une phrase abstraite, comment agit cette opération;

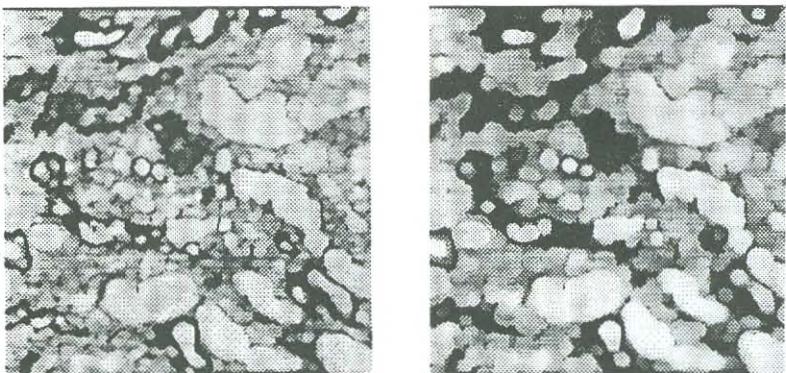


Figure 3: Ouvertures de taille 2 et 4 de la figure 2c.

c) enfin, à demander que l'ouverture agisse d'autant plus que l'élément structurant est grand. Cette condition (i.e.  $\lambda \geq \mu$  implique  $\psi_\lambda \leq \psi_\mu$ ) revient à munir nos ouvertures de la loi

$$\psi_\lambda \circ \psi_\mu = \psi_\mu \circ \psi_\lambda = \psi_{\sup(\lambda, \mu)}$$

selon laquelle, si l'on compose deux ouvertures de la famille, celle du plus grand paramètre s'impose à l'autre. Il s'agit là d'une relation, typiquement non linéaire, que l'on retrouve dans toutes les procédures physiques de mesures de tailles (tamisage, injections de mercure dans des milieux poreux, etc.). C'est pour cela que G. Matheron, qui les a introduites, a

---

appelé *granulométries* les familles d'ouvertures de ce type. Il a de plus montré que la relation (1) imposait que les éléments structurants, homothétiques entre eux, fussent convexes. L'exigence *c*) d'isotropie ne laisse alors plus d'autre choix que celui du cercle.

On voit donc comment, partant des caractéristiques de l'objet d'étude, nous avons été conduits à une procédure de traitement bien adaptée (sinon unique). Passons aux résultats. Il a été reporté en figure 2 les variations de l'intégrale des fonctions transformées, entre deux ouvertures de rayons  $\lambda$  et  $\lambda + 1$ . Quand  $\lambda$  varie, on note que dans le cas sain, un pic très net se différencie, correspondant à la taille moyenne des tubules. Il disparaît avec la pathologie. Un examen statistique plus fin, et étayé sur plus de cas, a permis à l'équipe de Bellvitge de réduire ces courbes à trois nombres qui estiment la fonction rénale avec une variance de régression de 0.8.

### Codage morphologique

Des travaux actuellement en cours tentent de comprimer les images, fixes ou en mouvement, par des méthodes de morphologie mathématique.



Figure 4: Pyramide de filtrages en vue de compression d'images.

---

Dans ce but un consortium européen a été monté, qui regroupe l'ETSETB de la UPC, le laboratoire de traitement du signal à l'École Polytechnique de Lausanne et le Centre de Morphologie Mathématique de l'École des Mines de Paris, auxquels se sont joints des industriels. S'il est trop tôt pour relater des résultats complets, voici cependant comment procède l'une des étapes de filtrage utilisée.

Considérons la photographie du cameraman (fig. 4 gauche). Faisons l'hypothèse que sa perception se ramène à celle d'une partition du plan en zones soit de texture homogène, comme la pelouse, soit de variation assez régulière pour être approximée par un polynôme de degré  $\leq 2$ . Supposons d'autre part que nous désirions transmettre cette image de façon progressive, de sorte que les frontières de zones déjà transmises ne soient plus remises en question, les étapes ultérieures se contentant d'ajouter de nouvelles frontières.

En formulant de la sorte le problème du codage, nous avons été conduits, Ph. Salembier (UPC) et moi-même à construire des filtres dits *connexes*, et à en établir un certain nombre de propriétés:

- a) À la différence des ouvertures précédentes, ils ne sont pas obligatoirement au-dessous (ou au-dessus) de l'image puisqu'aussi bien, il s'agit d'interpoler celle-ci.
- b) En revanche, comme les ouvertures précédentes, ils se composent selon la relation de semi-groupe (1), qui se colore ici d'une interprétation markovienne. Elle montre en effet que partant de l'image filtrée au niveau  $\mu$ , il n'est pas nécessaire de connaître les filtrages plus fins, ni a fortiori l'image initiale, pour connaître le filtrage selon tout  $\lambda \leq \mu$ . On parle alors de pyramide d'opérateurs.
- c) Ces filtres agissent de façon spécifique sur les zones plates de l'image et ne peuvent que les regrouper. Ils sont donc tout indiqués pour précéder les interpolations selon des textures ou des polygones.

Ces comportements sont illustrés par la figure 4. Bien que les transformées paraissent à première vue très proches, on notera que le nombre des zones plates passe successivement de 50.000 à 5.000 puis à 500 dans les trois premiers clichés. Plus généralement, il semble que ces nouvelles méthodes soient au moins aussi bonnes que les autres, pour les taux de compression moyens (10 en images fixes et 30 en images en mouvement) mais s'avèrent plus robustes vis-à-vis des hautes compressions, dégradant certes les images, mais de manière acceptable.

## Historique

Par les quelques discussions qui précèdent, et par leurs illustrations, j'ai cherché à éclairer de quelques coups de projecteur le tableau de la mor-



---

morphologie mathématique, à donner une impression, plus intuitive que systématique, de son style, de ses a-priori, et de ses moyens. Mais ces éléments demeurent intemporels.

Or, comme l'honneur qui m'est fait aujourd'hui consacre trente années de recherches, j'aimerais survoler un instant ces décennies. Longtemps, la morphologie mathématique a paru confinée à un petit cénacle. Est-ce parce que sa première publication, en 1965, fut un brevet? Construisant en effet un appareil pour mesurer des variogrammes sur des lames de minéral, avec déplacement automatique de platine, et photomultiplicateur dans l'oculaire du microscope, je m'aperçus que des opérations aussi différentes que les covariances, les histogrammes d'intercepts, les mesures de périmètres d'objets, ou leurs dénombrements relevaient d'un concept unique, que j'appelais transformation par tout ou rien.

Ce fut le point d'ancrage. Il apparut très vite que les transformations par tout ou rien, implémentées en cascades, produisaient des résultats nouveaux, dont en premier lieu les ouvertures morphologiques et les granulométries de G. Matheron (1967). D'où un second brevet (1970) qui conduisit directement au Texture Analysis System de Leitz, probablement le plus important des analyseurs d'images para sa diffusion, et sûrement par sa longévité (douze ans!). À la même époque, nous nous découvrîmes les descendants spirituels de la géométrie intégrale, de Steiner et Minkowski à Hadwiger et Santalo (l'histoire des idées non plus, n'est pas linéaire...).

La décennie 70 fut sur le plan théorique dominée par l'œuvre de G. Matheron (fondements topologiques, ensembles aléatoires, étude des transformations croissantes, convexité...), et sur le terrain des mathématiques plus agressives, par l'éclosion de transformations ensemblistes puissantes (amincissements, érosions ultimes, bissectrices conditionnelles, géodésie...), auxquels sont associés, entre autres, les noms de J. C. Klein, Ch. Lantuéjoul, D. Jeulin, F. Meyer et S. Beucher.

Et pourtant, notre diffusion ne dépassait qu'exceptionnellement les limites de la Seine et Marne. Sans doute parce que malgré son succès, le TAS de Leitz atteignait essentiellement un monde d'utilisateurs, souvent plus naturalistes que physiciens. A contrario, cela montre aussi à quel point ceux qui à cette époque ont réellement accueilli la méthode, comme le professeur Moragas au Val d'Hebron, ou les professeurs Chermant et Coster à l'Université de Caen, ont du faire preuve d'indépendance d'esprit. À les voir progresser aujourd'hui encore dans cette voie, on peut penser qu'ils n'ont pas trop été déçus.

Au début des années 80, la conjonction de trois évènements a bouleversé cette situation. Le véhicule d'un livre d'abord, que je publiais en 1982, puis, conséquence des crises pétrolières, le développement de la vision par ordinateur dans l'industrie, et enfin l'apparition de logiciels de morphologie pour ordinateurs standards. Le premier d'entre eux, le MORPHOLOG (précurseur de l'actuel VISILOG de Noesis) fut, de fait, commercialisé

---

par ARMINES dès 1982. Et l'on a vu germer, en Europe et aux USA, une vingtaine de pôles créant par eux-mêmes, qui des extensions théoriques, qui des applications originales. C'est ainsi que la morphologie mathématique a fait son entrée dans la mécanique de la rupture, dans la météorologie, la radiologie médicale, la télédétection, la démographie, la compression d'images, etc. C'est ainsi, aussi, que le Centre de Traitement d'Imatges et celui de morphologie mathématique ont noué des liens que dix années n'ont fait que resserrer.

La variété des applications me ramenait à une réflexion théorique. La méthode, initialement conçue dans un cadre ensembliste et invariant par translation (espaces euclidiens ou trames digitales) se voyait appliquée à des cas non ensemblistes, comme les espaces de fonctions numériques, à des situations variables par translation, comme la géodésie, voire sans translation du tout, avec les graphes planaires par exemple. Etait-elle complètement dissoute? Disons plutôt réduite à l'essentiel, à savoir la structure de treillis complet. C'est dans ce cadre algébrique que je la reformulais en 1986, cherchant à doser quelles hypothèses supplémentaires nécessitaient chaque notion particulière. Par exemple, les concepts liés à la connexité exigent des treillis booléens, mais pas davantage. Finalement, cette remise en ordre qui nous conduisit, G. Matheron et moi-même au filtrage morphologique. À nouveau, un livre regroupant ces avancées parut, en 1988, et nous en vivons aujourd'hui les conséquences...

Le devenir d'une théorie et d'une praxis échappe généralement à ses fondateurs. Prise comme méthode de vision, la morphologie mathématique se trouvera –se trouve déjà– piégée par l'impossibilité d'appréhender l'univers du sens et des représentations symboliques de l'esprit. Si elle est parfois plus puissante que d'autres méthodes de reconnaissance des formes, c'est par une meilleure emprise sur la géométrie des choses, mais pas davantage.

La physique, ou même la physiologie, semblent en revanche un domaine plus ouvert à terme. Il apparaît déjà des démarches comme celles des gaz sur réseau, alliant opérateurs morphologiques, simulations et équations aux dérivées partielles en un tout subtilement construit. Plus généralement, le nombre des phénomènes naturels qui se composent par sup ou inf plutôt que par addition est trop élevé pour que n'apparaissent pas, tôt ou tard, des types nouveaux d'équations décrivant leurs lois. Et l'arsenal d'opérateurs et de modèles de la morphologie mathématique pourra peut-être servir.

---

CURRICULUM VITAE  
DE  
JEAN SERRA

## Curriculum vitae

### Civil status

Name: SERRA, Jean Paul Frédéric  
French nationally

Military service completed as an artillery first lieutenant in 1967-1968.

Married, two children.

Professional address: Centre de Morphologie Mathématique

Centre de Morphologie

77300 FONTAINEBLEAU (FRANCE)

Tel: (1) 64 69 47 06

Fax: (1) 64 69 47 07

Private address:

Tel: (1) 31.09.47.87  
20 rue le Primatice

26, rue le Primitice  
77300 FONTAINEBLEAU (FRANCE)

Tel: (1) 64 23 48 20

#### Education (degrees, university)

- 1957 Scientific *baccalauréat*  
1957 First price from the School of Music, Oran (Algeria), in the piano section.  
1962 Engineering degree from the École Nationale Supérieure des Mines de Nancy (France).  
1965 Bachelor degree in philosophy/psychology, University of Nancy.  
1967 Ph. D. Thesis in Mathematical Geology at the University of Nancy.  
1986 Doctorat d'État in Mathematics, at Pierre et Marie Curie University, Paris (France).

---

## Career (employers, positions)

- 1962-1966 Research engineer at IRSID (Institut de la Recherche de la Sidérurgie, France) and Ph. D. student under the guidance of Prof. G. Matheron. Subject: Stochastic modeling of the iron deposit of Lorraine, at various scales.
- 1966-67 Military service.
- 1968-1986 Maître de Recherches and Assistant Director of the Center of Mathematical Morphology, at the École des Mines de Paris.
- 1971 Sabbatical year at the Lomonossov University, Moscow.
- 1983 Professor at the École des Mines de Paris.
- 1986 Directeur de Recherches (tenured Professor), Director of the Centre de Morphologie Mathématique, at the École des Mines de Paris.
- 1988 Member of the Scientific Board of the French TV cultural program.
- 1989 Member of the Editorial Board of the *Journal of Visual Communications and Image Representation*.
- 1991 Chairman of the Image Algebra and Morphological Processing Conference in SPIE Annual Meeting, USA.
- 1991-1992 Sabbatical year at the Universities UPC and UAB, Barcelona, Spain.
- 1992 Member of the Editorial Board of the *Journal of Mathematical Imaging and Vision*.

## Honors, awards

- 1979-1983 Vice-President of the International Society for Stereology.
- 1982 ESCLANGON price, awarded by the French Society of Physics.
- 1988 First award of the great price of the AFCET Society (French equivalent for IEEE).
- 1989 Chevalier of the National Order of Merit.

## Languages

French (native language)

English (fluent)

Russian

Spanish

---

## International courses

(The list below only concerns courses given away from France, that lasted one week at least, and where J. Serra was main lecturer).

June 1973	SIAM. Course at Princeton University, USA.
May 1976	Course on Mathematical Morphology at Tokyo Noko University (Japan).
Sept. 1979	Course on Stochastic Morphology, CSIRO, math. stat. division, Melbourne (Australia).
May 1981	Medical applications of Mathematical Morphology, Institute of Psychiatry, Academy of Medicine of the Soviet Union, Moscow.
Aug. 1982	Industrial Vision by Mathematical Morphology, University of Michigan. Ann Arbor (USA).
June 1983	Id.
June 1984	Id.
Jan. 1984	Lectures in Mathematical Morphology, ENIT Tunis (Tunisia).
June 1985	Biological Morphology, Institute of Biophysics, Academia Sinica, Beijing (China).
April 1987	Algorithms in Mathematical Morphology, University of Liverpool (UK).
May 1988	Course on Image Processing, Universitat Autònoma de Barcelona (Spain).
June 1989	Median and Morphological Filtering, EURASIP Course, Tampere University of Technology (Finland).
Oct.-Dec. 1991	Curso de Morfología Matemática, Universitat Politècnica de Catalunya.

## Scientific work

J. Serra's first work contributed to the theory of geostatistics by introducing new notions such as transition phenomena, spherical variogram and random kriging.

Meanwhile, in cooperation with G. Matheron, he laid the foundations of a new method, that he called mathematical morphology (1965), and created the Centre de Morphologie Mathématique at the École des Mines de Paris. The initial, and still valid, purpose was to link physical properties with textures, in hydrodynamics mechanics, sintering processes, etc. Then the activity of the Centre extended progressively to others fields, such as medical imagery and to robot vision.

---

Nowadays, two deterministic and stochastic branches of the theory co-exist, and their development has expanded over the world. The major theoretical result of J. Serra and of his school may be founded in *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Ac. Press, vol. I, 1982, and vol. II, 1982 (see also the list below).

At the same time, a series of image processors and/or software packages were designed under J. Serra's direction, and commercialized by several manufacturers. We many mention among others:

the Leitz-TAS (1971-1984)  
the Visiomat of Allen Bradley (1984-1988)  
the Quantimet 570, of Cambridge Instr. (1989- )  
the VISILOG Package, of Noesis (1987- )

### **Other fields of interest: music**

1972-1984 participation to the Russian Liturgical Choir of the Holy Trinity Church, Paris.  
1988- organist at Saint Peter Church of Avon.

### **Patents**

1. Inventor: J. Serra  
Granted to IRSID  
Title: Automatic scanning device for analyzing textures.  
Priority date: July 2, 1965 (23 273), France.  
Patented in: Belgium, Canada, Great-Britain, Japan, Sweden, USA.
2. Inventor: J. Serra  
Granted to ARMINES and J. Serra.  
Title: Device for the logical analysis of textures.  
Priority date: June 10, 1970 (70/21 322), France.  
Patented in: Austria, Canada, France, Germany, Great-Britain, Japan, USA.
3. Inventors: J. Serra and J. C. Klein  
Granted to ARMINES  
Title: Appareil destiné à analyser au moins un milieu hétérogène bi- ou tri-dimensionnel.  
Priority date: June 11, 1975 (75/21 925), France.  
Patented in: France, Germany, Great-Britain.

---

## Selection of publications

### Books

*Échantillonnage et estimation locale des phénomènes de transition miniers*, tomes I et II, 699 p. (Thesis, University of Nancy, France, 25 October 1967).

«Introduction à la morphologie mathématique», *Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique*, booklet num. 3, 1969. 160 p., École des Mines de Paris.

«Morphologie Mathématique», in *Traité d'Informatique Géologique*, chapter 6, Masson et Cie, Éditeurs, Paris, 1972, p. 194-238.

*Geometrical Probability and Biological Structures*, Buffon's 200th anniversary (editor - co-editor: R. E. Miles). (Lecture Notes in Biomathematics, Springer-Verlag, 1978, 338 p.)

*Image Analysis and Mathematical Morphology*, vol. 1, Academic Press, London, 1982, 600 p.

*Éléments de théorie pour l'optique morphologique*, Ph. D. thesis, Paris VI University, 1986, 191 p.

«Variations dans les arts plastiques et en géométrie ensembliste», in *La création vagabonde*, Hermann, Paris, 1986, 200 p.

*Image Analysis and Mathematical Morphology*, volum II: *Theoretical Advances*. (co-authors: G. Matheron, F. Meyer, M. Jorlin, B. Laget, F. Prêteux, M. Schmitt, Academic Press, London, 1988, 411 p.)

*Traitemet d'images en microscopie à balayage et en microanalayse par sonde électronique*, chapter one, ANRT, Paris, 1990.

«Anamorphoses and function lattices», in *Mathematical Morphology in Image Processing*, chapter 13, Ed. Dougherty, Marcel Dekker, New York, 1992.)

### Courses

*Cours de morphologie mathématique I: morphologie mathématique euclidienne*, ENSMP Ed., 1987, 152 p.

*Cours de morphologie mathématique II: morphologie sur les treillis complets*, ENSMP Ed., 1987, 183 p.

*Morphological filtering*, (co-author: Vincent L.), fascicule 8, ENSMP Ed., 1989, 90 p.

*Curso de Morfología Matemática* (Co-author: Ph. Salembier), UPC 1992, 60 p.

---

## Published papers

- «L'analyse des textures par la géométrie aléatoire», *Comptes-rendus du Comité Scientifique de l'IRSID*, 2 nov. 1965, 7 p.
- «Remarque sur une lame mince de minerai lorrain», *Bulletin du BRGM*, num. 6, déc. 1967, 26 p.
- «Buts et réalisation de l'analyseur de textures», *Revue de l'Industrie Minérale*, vol. 49, sept. 1967, 9 p.
- «Morphologie mathématique et granulométries en place (co-authors: A. Haas and G. Matheron), *Annales des Mines*. Part I: vol. XI, nov. 1967, p. 736-753. Part II: vol XII, déc. 1967, p. 768-782.
- «Morphologie mathématique et genèse des concrétions carbonatées des minerais de fer de Lorraine», *Sedimentology*, oct. 1968, p. 183-208.
- «Use of convariograms for dendrite arm spacing measurements», *Trans. of AIME*, vol. 245, janv. 1969, p. 55-59.
- «Morphologie Mathématique et Sylviculture», *3rd Conference, Advisory Group of Forest Statisticians*, Jouy-en-Josas, 7-11 sept. 1970, INRA Publications 73-2, p. 287-307.
- «Stereology and structuring elements», *Journal of Microscopy*, vols. 95, Pt 1, 1972, p. 93-103, 3rd International Congress for Stereology, Berne, 26-31 Aug. 1971.
- «The texture analyzer» (co-author J. C. Klein), *Journal of Microscopy*, vol. 95, Pt 2, 1972, p. 349-356, 3rd International Congress for Stereology, Berne, 26-31 aug. 1971.
- «Mathematical morphology applied to fibre composite materials» (co-author: G. Verchery), *Fibre Science and Technology*, 6, 1973, p. 141-158.
- «Étude de la distribution spatiale des ovogonies dans l'ovaire d'un embryon de ratte à l'aide de l'analyseur de textures» (co-authors: J. Digaibel, P. Mauleon and C. Mariana, *Annales de Biologie Animale*, 13, num. hors-série, 1973, INRA Publications 73-2, p. 115-125.
- «Das Problem der Auflösung und der durch Messlogik bedingten Fehler im Rahmen der quantitative Bildanalyse» (co-author: W. Muller), *Leitz Mitteilungen*, suppl. 1-4, juin 1973, p. 125-136.
- «Theoretische Grundlagen des Leitz Texture Analyse System», *Leitz Mitteilungen*, suppl. 1-4, juin 1973, p. 125-136.
- «Analyse des correspondances entre la morphologie mathématique du réseau poreux de roches volcaniques, et certaines de leurs propriétés»

- 
- tés physiques» (co-authors: E. N. Kolomenski, V. Ladiguine and J. P. Orfeuil), *Proc. of the Int. Symp. Rilem-Iupac Pore Structures and Properties of Materials*, Prague, 18-21 Sept. 1973.
- «Facteurs de forme et granulométries in situ» (co-authors: E. N. Kolomenski, V. Ladiguine and J. P. Orfeuil), *Proc. of the Int. Symp. Rilem-Iupac Pore Structures and Properties of Materials*, Prague, 18-21 Sept. 1973.
- «Liens entre la morphologie des enrobés bitumineux, leur déformation par orniérage et leur formule de fabrication» (co-authors: F. Georges, J. C. Klein and R. Sauteray), *Proc. of the Int. Symp. Rilem-Iupac Pore Structures and Properties of Materials*, Prague, 18-21 Sept. 1973.
- «Présentation de la Morphologie Mathématique», *Annales des Mines*, novembre 1975, *Techniques Probabilistes dans l'Industrie*, p. 111-122.
- «Morphometric analysis of neurons in different depths of the cat's brain cortex after hypoxia» (co-authors: O. Hunziker, U. Schultz and Ch. Walliser), *Proc. of the 4th Intern. Conf. for Stereology*, Washington DC, Sept. 1975, Nat. Bur. Stand. Spec., publ. num. 431, p. 203-206.
- «Automatic recognition of non-metallic stringers in steel» (co-author: D. Jeulin), *Proc. of the 4th Intern. Conf. for Stereology*, Washington DC, Sept. 1975, Nat. Bur. Stand. Spec., publ., IRSID R. E. 305, 9 p.
- «The texture analyser measurements and physical anisotropy of tropical woods» (co-authors: A. Mariaux and O. Peray), *Proc. of the 4th Intern. Conf. for Stereology*, Washington DC, Sept. 1975, Nat. Bur. Stand. Spec., publ. num. 431.
- «La quantification en pétrographie» (co-author: E. N. Kolomenski), *Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, num. 13, Krefeld, juin 1976, p. 83-97.
- «Trois études de morphologie mathématique en géologie de l'ingénieur» (co-author: E. N. Kolomenski), *Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, num. 13, Krefeld, juin 1976, p. 89-97.
- «Erreurs dues aux masques de mesure en métallographie quantitative» (co-authors: T. Hersant, P. Parniere), *Mémoires Scientifiques de la Société Française de Métallurgie*, oct. 1976, Rapport IRSID, p. 286, 15 p.
- «Statistique multidimensionnelle sur les données morphologiques en métallurgie» (co-authors: T. Hersant, P. Parniere), *Mémoires Scientifiques de la Société Française de Métallurgie*, oct. 1976, Rapport IRSID P. 286, 15 p.

- 
- «Statistique multidimensionnelle sur les données morphologiques en métallurgie» (co-authors: D. Jeulin, J. L. Letailler), *Mémoires Scientifiques de la Société Française de Métallurgie*, oct. 1976, Rapport IRSID MCF. p.302, avril 1977, 19 p.
- «Essai d'anatomie quantitative de quelques bois à l'analyseur de textures» (co-authors: P. Gueneau and A. Mariaux), *Bois et Forêts des Tropiques*, num. 171, jan-fév. 1977, p. 17-30.
- «L'analyse quantitative des images», *La recherche*, num. 87, mars 1978, p. 247-256.
- «En matière d'introduction» (co-authors: R. E. Miles), lecture notes in *Biomathematics*, num. 23, Springer-Verlag, Berlin, juin 1978, p. 3-28. (Proc. *Geometrical Probability & Geometrical Structures*, Paris, 1977).
- «One, two, three... infinity» (co-authors: R. E. Miles), lecture notes in *Biomathematics*, num. 23, Springer-Verlag, Berlin, juin 1978, p. 137-152.
- «Principles, criteria and algorithms in mathematical morphology, *Issues in Digital Image Processing*, NATO ASI Series, Ed. R. M. Haralick and J. C. Simon, Sijthoff and Nordhoff, the Netherlands, 1980, p. 73-105.
- «L'analyse des images biomédicales par la morphologie mathématique», *Pathologie Biologie*, avril 1979, 27, 4, p. 205-207.
- «Mathematische Morphologie und die Petrographie» (co-author: E. N. Kolomenski), *News Letters in Stereology*, may 79, p. 56-105.
- «The use of the texture analyser to study sinter structure» (co-authors: D. Jeulin and A. Greco), *Journal of Micr.*, july 1979, 116, 2, p. 199-211.
- «Quantitative Image Analysis» (co-author: R. Nawrath), parts I and II, *Microscopica Acta*, 82, 2, sept. 79, p. 101-128.
- «Boolean Model and Random Sets», *Computer Graphics and Image Processing*, 1980, 2, p. 99-126.
- «Digitalization», *Mikroskopie*, Wien, 37 (suppl.), 1980, p. 109-118.
- «Shapes and patterns of microstructures considered as grey-tone functions» (co-author: S. Beucher), *Stereol. Jugosl.* 1981; 3/suppl. I, pp. 43-64; Proc. 3rd European Symposium on Stereology, Ljubljana, June 22-26, 1981.
- «Automatic analysis of microradiographs: porosity of humeral cortical bone during aging» (co-authors: C. Bergot, F. Preteux, A. S. Mark, A. M. Laval-Geantet), 8 p., Congrès de Radiologie de Jérusalem, Israël, mars 1982.

- 
- «Digital Morphology in the 3-D Space», *Proceedings ICASSP 82*, IEEE Intern. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing, Paris, 3-5 may 1982, p. 843-845.
- «Image segmentation or image understanding», *Proceedings ICASSP 82*, IEEE Intern. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing, Paris, 3-5 may 1982, p. 1176-1178.
- «M-Filters» (co-author: C. Lantuejoul), *Proceedings ICASSP 82*, IEEE Intern. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing, Paris, 3-5 may 1982, p. 2063-2066.
- «Images et Morphologie Mathématique», *La Recherche*, num. 144, mai 1983, p. 722-732.
- «Méthodes morphologiques de transformations des images biologiques» (co-author: F. Meyer), *13ème Congrès des Anatomo-Pathologistes de Langue Française*, Rouen, 25-29 mai 1983, proceedings, tome 2, p. 2-19.
- «Aide automatique à la compréhension des images en télédétection: modélisation des caractères morphologiques de la texture», *Proc. Premier Colloque Image. Traitement, Synthèse, Technologie et Applications*, Biarritz, mai 1984, tome 2, p. 735-740.
- «Structures syntaxiques en morphologie mathématique», *Proc. Premier Colloque Image. Traitement, Synthèse, Technologie et Applications*, Biarritz, mai 1984, tome 1, p. 393-402.
- «Descriptors of flatness and routhness», *Journal de Micr.*, juin 1984, 134, 3, p. 227-243.
- «Square to hexagonal lattices conversion» (co-author: B. Lay), *Signal Processing*, num. 9, 1985, p. 1-13.
- «Contacts in random packing of spheres», *Journal of Micr.*, 138, 2, May 1985, p. 179-185.
- «Introduction to Mathematical Morphology», *Computer vision, Graphics, and Images Processing*, sept. 1986, 35, 3, p. 283-305.
- «Comparaison des Saint Jerome de Georges de La Tour» (co-authors: X. Duclairoir, R. Rouquet, Ch. de Couessin), *Journal de Micr. et Spectr. Electron.*, février 1987, 12, 1, p. 95-99.
- «Morphological optics», *Journal de Micr.*, January 1987, 145, 1, p. 1-22.
- «Insertion de l'analyse d'image en robotique», *Onzième Colloque GRETSI*, Nice, du 1er au 5 juin 1987, 4 p.
- «Cutaneous aging and Mathematical Morphology» (co-authors: J. P. Nomine, L. Vincent, F. Meyer, J. P. Escande, J. Arnaud-Battandier), *Procee-*

- 
- dings of the 7th International Congress for Stereology*, Caen, Sept. 1987, *Acta Stereologica*, 6, III, 895-900.
- «Boolean random function», *Proceedings of the 7th International Congress for Stereology*, Caen, Sept. 1987, *Acta Stereologica*, 6, III, p. 325-330.
- «Recent developments in mathematical morphology», *Proceedings of the 7th International Congress for Stereology*, Caen, Sept. 1987, *Acta Stereologica*, 6, III, p. 643-650.
- «Principles of mathematical morphology», in *Quantitative Analysis of Mineral and Energy Resources*, Proceedings NATO Asi Series C, vol. 223, Geology Congress, il Ciocco, Italie, June 1986, p. 237-254.
- «Contourage automatique des angiocardioscintigraphies par traitement morphologique» (co-authors: F. Friedlander, J. L. Barat, F. Meyer, F. Prêteux, D. Ducassou), *Actes du XXVII Colloque de Médecine Nucléaire de Langue Française* (Liège, 17-19 septembre 1987) (*Journal de Biophysique et de Biomécanique*, 11, suppl. II, 1987, p. 71-73.)
- «Toggle mappings», *Proceedings COST 13 Workshop «From the pixels to the features*, Bonas, aug., 1988, p. 61-72.
- «Contrasts and activity lattice», (co-author: F. Meyer), *Signal Processing. Special Issue on Mathematical Morphology*, April 1989, 16, 4, p. 303-317.
- «Analyse d'image et morphologie mathématique», Journées du Groupe-ment «Microanalyse et Microscopie Electronique à Balayage» (ANRT) 1-2 décembre 1988, in *Traitemet d'Images en Microscopie à Balayage et en Microanalyse par Sonde Electronique*, Ed. ANRT, Paris, 1990. p. A-1-A-10.
- «Boolean random functions, *Journal of Micr.*, (special issue on image analysis), 156, 1, October 1989, p. 41-63.
- «Filters: from theory to practice», *Proceedings of the 5th European Congress for Stereology*, Sept. 4-8, 1989, Freiburg, 6 p.
- «Le Centre de Morphologie Mathématique», presentation of the CMM for the Siggraph, avril 1990.
- «An Overview of Morphological Filtering», (co-author: L. Vincent), to be published in *IEEE Trans. On Circuits, Systems and Signal Processing*, special issue on Median and Morphological Filtering, 68 p., April 1990.
- «The links: definition and properties», *Proceedings of the SPIE VCIP'90 Conf.*, 1-4 oct. 1990, Lausanne.
- «Convergence, Continuity, and Iteration in Mathematical Morphology», (co-author: HJAM Heijmans), *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 3, 1, March 1992, p. 84-102.

- 
- «Skeleton decompositions», *Proceedings of the SPIE Conference*, San Diego 1992.
- «Equicontinuous functions: a model for Mathematical Morphology», *Proceedings of the SPIE Conference*, San Diego 1992.
- «Connectivity filters for image sequences»», (co-authors: M. Pardas, L. Torres), *Proceedings of the SPIE Conference*, San Diego 1992.
- «Tailleur: el problema del sastre» (co-author: N. Parés), *Actas del Simposium Nacional*, Valencia, Spain, Sept. 1992.
- «Utility of grey level granulometry to measure renal interstitial chronic damage» (co-authors: M. F. Colomé-Serra, D. Seron, F. Moreso, M. Carrera, J. M. Grino), *Proceedings of the IEEE Int. Conf. Medicine*, Paris, Oct. 1992.
- «Morphological Multiscale Image Segmentation» (co-author: P. Salem-bier), *Proceedings of the CVCIP'92*, Boston.

### **Theses supervised by J. Serra**

#### *At the Center of Mathematical Morphology*

DELFINER, Pierre: *Étude morphologique des milieux poreux et automatisation des mesures en plaques minces*, Ph. D. thesis, University of Nancy, June 24, 1971.

JOATHON, Paul: *Représentation d'une série sédimentaire par un modèle probabiliste. Application aux processus d'Ambarzoumian et Étude de la structure de Chemery*, Ph. D. thesis, University of Nancy, January 12, 1976.

KLEIN, Jean-Claude: *Conception et réalisation d'une unité logique pour l'analyse quantitative d'images*, Engineering degree, University of Nancy, April 26, 1976. 126 p.

ORFEUIL, Jean-Pierre: *Étude par analyse des données de la structure de la haute atmosphère terrestre*, Ph. D. thesis, University of Paris VI, January 12, 1976.

LANTUEJOU, Christian: *La squelettisation et son application aux mesures topologiques des mosaïques polycristallines*, Engineering degree in Mining Sciences and Techniques (geostatistics), ENSMP, June 16, 1978, 83 p.

MEYER, Fernand: *Cytologie quantitative et morphologie mathématique*, Engineering degree in Mining Sciences and Techniques (geostatistics), ENSMP, May 4, 1979, 195 p.

- 
- PIRET, John J.: *Étude des effets de la coalescence des bulles sur les écoulements de gaz en lit fluidisé*, Doctorat d'État in Physical Sciences, University of Paris VI, June 18, 1980, 168 p.
- LAY, Bruno: *Analyse automatique des images angiofluorographiques au cours de la rétinopathie diabétique*, Engineering degree in Mining Sciences and Techniques (geostatistics), ENSMP, June 23, 1983, 143 p.
- BENALI, Mostafa: *Du choix des mesures dans des procédures de reconnaissance des formes et d'analyse de texture*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, December 18, 1986, 189 p.
- PRETEUX, Françoise: *Description et interprétation des images par la morphologie mathématique - A: application à l'imagerie médicale*, Doctorat d'État in Mathematical Sciences, University of Paris VI, October 2, 1987, 327 p.
- QUEDJ, Michel: *Application de l'analyse d'images à la physique des roches*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, December 15, 1987, 185 p.
- BENHAMOU, Mathieu: *Description et simulation de réseaux de drainage par analyse d'images*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, December 18, 1987, 211 p.
- SCHMITT, Michel: *Des algorithmes morphologiques à l'intelligence artificielle*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, February 10, 1989, 231 p.
- FRIEDLANDER, Francis: *Le traitement morphologique d'images de cardiologie nucléaire*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, December 19, 1989, 145 p.
- VINCENT, Luc: *Algorithmes morphologiques à base de files d'attente et de lacets. Extension aux graphes*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMPP, May 14, 1990, 301 p.
- BEUCHER, Serge: *Segmentation d'images et Morphologie Mathématique*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, June 5, 1990, 295 p.
- KURDY, Moh. Bassam: *Transformations morphologiques directionnelles et adaptatives: applications aux sciences des matériaux*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, September 27, 1990.
- GRIMAUD, Michel: *La géodésie numérique en morphologie mathématique. Application à la détection automatique de microcalcifications en mammographie numérique*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, December 18, 1991.

- 
- BILODEAU, Michel: *Architecture logicielle pour processeur de morphologie mathématique*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, January 28, 1992.
- SOILLE, Pierre: *Morphologie mathématique: du relief à la dimensionnalité - algorithmes et méthodes*, Ph. D. thesis in Agronomic Sciences, Université Catholique de Louvain, February 29, 1992.
- DAUTY, Isabelle: *Reconstruction de la géométrie 3D d'un ensemble d'objets à partir d'un petit nombre de ses projections*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, December 19, 1991.
- RIVEST, Jean-François: *Analyse automatique d'images téologiques: application de la morphologie mathématique aux images diaigraphiques*, Ph. D. thesis in Mathematical Morphology, ENSMP, June 26, 1992.
- PEYRARD, René: *Conception et mise en oeuvre d'un ASIC de morphologie mathématique à architecture programmable*, Ph. D. thesis in Electronics, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, July 8, 1992.

#### *Others*

- JOURLIN, Michel: *Contribution de la morphologie directionnelle à la reconnaissance des formes*, Ph. D. thesis in Mathematical Sciences, Université of Saint-Étienne, December 7, 1984, 175 p.
- MERGHOUB, Jacine: *Reconnaissance et analyse de formes sur des images de télédétection: modélisation par la morphologie mathématique*, Ph. D. thesis in Astronomy and Space Sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse, April 26, 1985.
- SAFA, Frédéric: *Le speckle en imagerie cohérente: relation entre l'image cohérente et l'image incohérente; essai de filtrage morphologique*, Ph. D. thesis, CNRS-CESR, Université Paul Sabatier, Toulouse, May 30, 1989, 137 p.
- SORE, Gabrielle: *Étude du réseau micro-dépressionnaire par une technique d'analyse d'images: mise au point d'une méthode pour mesurer le vieillissement cutané*, Ph. D. thesis in Pharmaceutic Sciences, University of Paris XI, June 14, 1989, 258 p.





Servei de Biblioteques

Reg. 225283  
Sig. UAB DHC / 23  
Ref. 12500