

Strasbourg, le 26 novembre 2006



Rapport de Ch Collet, Professeur des Universités,  
sur la recevabilité du manuscrit de thèse  
de Pierre Lanchantin

intitulé

« Chaîne de Markov triplets et segmentation non supervisée de signaux »

Christophe Collet  
Professeur des Universités  
LSIIT - UMR CNRS 7005

Tél. : (33) 03 90 24 44 90  
Fax : (33) 03 90 24 43 42  
Christophe.Collet@ensps.u-strasbg.fr

Le mémoire de Pierre Lanchantin s'intéresse au développement de nouvelles approches en segmentation bayésienne non supervisée de signaux et d'images. Le travail de recherche mené, de très bonne qualité, se focalise indépendamment de toute application, sur différentes variations de modèles de chaînes de Markov (CM) : couple partiellement de Markov, triplet non stationnaire, évidentielle cachée ; ainsi qu'un modèle d'arbre de Markov caché flou multi-longueur d'onde.

Une telle variété de modélisations aurait pu faire craindre un manuscrit aride et volumineux, à la lecture difficile. Or il n'en est rien, et Pierre Lanchantin a réussi son pari de proposer ces approches dans un format compact (manuscrit de moins de cent pages), avec un excellent esprit synthétique et une pédagogie vis-à-vis du lecteur que j'estime exemplaire. Le lecteur est agréablement amené, tout au long des cinq chapitres, à rentrer dans ces problématiques de segmentation visant à déterminer les caractéristiques cachées de la scène à partir des subtiles fluctuations du signal. Le processus de segmentation, problème crucial en traitement du signal et des images, est abordé ici sous l'angle de la modélisation parcimonieuse de l'information contextuelle grâce aux techniques d'inférence bayésienne et aux modèles de Markov par chaîne et arbre.

ENSPS  
École nationale supérieure  
de physique de Strasbourg  
Parc d'Innovation  
Boulevard Sébastien Brant  
F-67400 Illkirch-Grattenstaden  
Tél. : (33) 03 90 24 45 10  
Fax : (33) 03 90 24 45 45  
www-ensps.u-strasbg.fr

Le premier chapitre pose le cadre de travail grâce à diverses considérations de portée générales (i.e., nécessité de l'opération de segmentation, gigantisme des espaces de configurations à explorer, nécessité d'hypothèses simplificatrices, intérêt d'un modèle parcimonieux, etc.) et justifie ainsi le travail de recherche réalisé, qui se situe dans la lignée des approches par analyse statistiques développées par la communauté depuis bientôt vingt ans.

Le second chapitre rappelle les hypothèses simplificatrices par modèles de généralité croissante : prise en compte de la dépendance des variables aléatoires (en particulier la dépendance spatiale cruciale en traitement des images) ; indépendance conditionnelle avec la difficulté récemment levée de généralisation au cas multivarié non gaussien grâce à la théorie des copules ; hypothèse X de Markov avec le modèle CMCaché\_à\_BruitIndépendant (CMC-BI) ; CMCouple\_à\_BruitIndépendant (CMC Couple-BI) où X n'est plus de Markov ; CMCouple puis Chaîne Couple Partiellement de Markov (CCPM), très général, car fondé sur l'unique hypothèse de markovianité du processus *a posteriori* qui permet la prise en compte de bruits centrés à corrélation persistante (CMC-BCL), ce qui constitue une nouveauté à ma connaissance. Les approches présentées sont non supervisées : elles s'appuient sur les algorithmes d'estimation (EM, SEM, et ECI) adaptés parfois empiriquement, dont les performances sont illustrées sur quelques images de synthèse.

Le troisième chapitre étend les CM au modèle Triplet (CMT : processus caché / auxiliaire / observé) permettant ainsi de s'affranchir de l'hypothèse de stationnarité de la loi jointe grâce au processus auxiliaire. Cette approche apparaît particulièrement séduisante pour des images/signaux présentant des ruptures de rythme dans le modèle markovien. Une illustration très convaincante est fournie sur une image de texture de Brodatz et sur une image zébrée.

Le chapitre quatre explore une autre veine en modélisant l'*a priori* sur un modèle évidentiel dans les modèles markoviens triplets. La loi *a posteriori* du processus caché est donné par la fusion de Dempster-Shafer généralisant la loi de Bayes lorsque la loi *a priori* est évidentielle. On remplace ainsi le calcul de la loi *a posteriori* en remplaçant la masse bayésienne *a priori* par une masse évidentielle ce qui permet, lorsque la probabilité est connue avec imprécision, de remplacer la probabilité peu fiable par la masse, en la multipliant par un coefficient d'affaiblissement. Cette approche permet de modéliser la connaissance imparfaite d'un capteur (i.e., son imprécision) et ouvre d'intéressantes perspectives en fusion multi-capteur. L'utilisation des Chaînes de Markov Evidentielles à Bruit Indépendant (CME-BI)

pour la segmentation de processus non stationnaire aurait pu faire l'objet d'une comparaison avec l'algorithme CMT.

Enfin, le chapitre cinq propose une quantification de l'imprécision de l'appartenance d'un site à une région thématique grâce à une modélisation floue : la distribution comporte alors une composante discrète (deux classes dures) et une composante continue mesurant le degré d'appartenance à une classe thématique par nature floue. Développé sur un quadarbre markovien, cette approche modélise ainsi l'imprécision des données cachée et l'incertitude sur la classification. Cette démarche apparaît intéressante elle permet la prise en compte de flou dans les classes thématiques du processus caché. Il aurait été pertinent de donner au lecteur quelques éléments comparatifs présentant les avantages et inconvénients à utiliser le modèle chaîne versus le modèle quadarbre, en reliant éventuellement l'approche proposée aux arbres de Markov tronqués développés il y a quelques années.

Le mémoire s'achève par une conclusion sobre et synthétique et quelques perspectives très intéressantes sont rapidement brossées.

En conclusion, Pierre Lanchantin présente un très bon manuscrit de thèse : sa recherche est dynamique, solide et productive.

J'émet donc un avis très favorable à la soutenance de cette thèse.

Strasbourg, le 26 novembre 2006  
Christophe Collet, Professeur