



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID: 10360

**To cite this version:** Finzi, Anaïs and Tauran, Bastien and Chemarin, Nicolas and Frances, Fabrice *Contrôle de drones et robots par reconnaissance de mouvements complexes*. (2013) In: Modélisation des systèmes réactifs - MSR'13, 13 November 2013 - 15 November 2013 (Rennes, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr)

---

# Contrôle de drones et robots par reconnaissance de mouvements complexes

Anaïs Finzi, Bastien Tauran, Nicolas Chemarin, Fabrice Frances

ISAE/DMIA  
Université de Toulouse  
France  
Prénom.Nom@isae.fr

---

*RÉSUMÉ.* Dans cette étude, deux méthodes ont été appliquées à la reconnaissance de mouvements complexes dans le contexte du pilotage de drones et de robots par des mouvements de l'opérateur détectés par des accéléromètres sur trois axes : la première basée sur un filtre de Kalman supprime le bruit et donne une visualisation 3D du mouvement reconnaissable par un être humain, la seconde basée sur des Chaînes de Markov Cachées permet d'identifier le mouvement de manière automatique. Nous présentons ici les résultats obtenus avec une implémentation sur la plateforme Android.

*ABSTRACT.* In this study, two methods have been applied to complex gesture recognition in the context of drones and robots control, when the human operator gestures are detected by 3-axis accelerometers. The first method is based on a Kalman filter and gives a human-recognizable 3D picture of the movement, and the second method based on Hidden Markov Chains enables an autonomous gesture recognition. We present herein the results and an implementation on the Android platform.

*MOTS-CLÉS :* Reconnaissance de mouvement, Chaînes de Markov Cachées, Filtres de Kalman

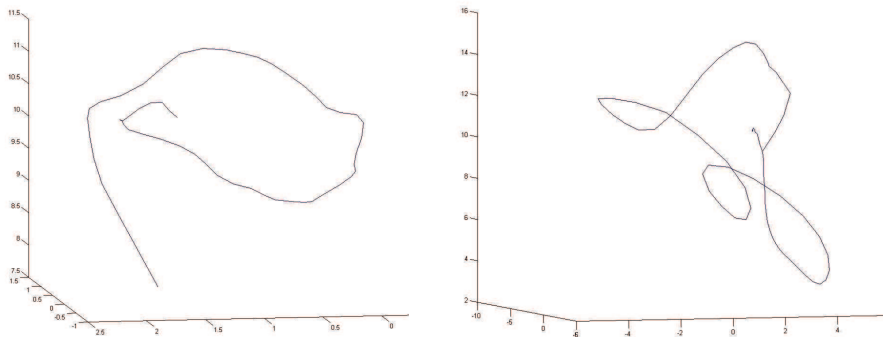
*KEYWORDS:* Gesture recognition, Hidden Markov Chains, Kalman filters

---

Nous nous intéressons ici au contrôle de drones et de robots par des mouvements de l'opérateur détectés par des accéléromètres. Dans un premier temps, au lieu d'appareiller l'opérateur avec des accéléromètres, nous avons profité du fait que les smartphones actuels intègrent de tels capteurs, mais aussi une capacité de calcul assez importante pour envisager le traitement embarqué de la reconnaissance de mouvement, et bien sûr des capacités de communication sans fil permettant de piloter les drones ou les robots.

## 1. Filtrage du mouvement avec un filtre de Kalman

Nous avons pu constater que les données brutes renvoyées par les accéléromètres sont très bruitées et parasitées par des valeurs de grande amplitude lorsque l'opérateur utilise des changements brutaux de direction dans ses gestes. Le but est donc ici de réduire l'influence du bruit et des erreurs de mesure inhérentes à l'acquisition de données. Nous avons utilisé un filtre de Kalman classique pour obtenir des courbes lissées et cohérentes des accélérations sur les différents axes, et une courbe en 3D du mouvement. Le résultat avec seulement les données des accéléromètres s'est avéré difficilement identifiable. Comme certains téléphones Android ont également des gyroscopes, nous avons ajouté ces données et ainsi avec 6 courbes en entrée et un pas d'échantillonnage de 10ms, nous avons obtenu des courbes très reconnaissables.



Si les mouvements à reconnaître forment un ensemble de commandes d'opérateur connues à l'avance, et que ces commandes ont des courbes d'accélérations très caractéristiques, on peut mettre en place des filtres simples qui permettent de reconnaître le mouvement à partir des courbes des accéléromètres en détectant des extremas. Le problème de cette méthode est que le mouvement effectué n'est jamais strictement identique et donc définir les niveaux des filtres reste difficile.

Cette méthode est donc utile pour visualiser les mouvements mais en terme de reconnaissance de mouvement elle est difficile à mettre en œuvre, trop rigide et peu fiable. Elle n'a donc été implémentée que sur Matlab afin d'aider au choix de commandes d'opérateur distinguables les unes des autres.

## 2. Identification d'un mouvement avec des Chaînes de Markov Cachées

Les Chaînes de Markov Cachées, ou HMM (Hidden Markov Models), sont utilisées dans de nombreux domaines : c'est l'outil le plus utilisé de nos jours pour la détection de mouvements. Les HMM sont formés de deux processus stochastiques (aléatoires), dont l'un des deux n'est pas accessible directement (c'est la chaîne cachée), mais peut être retrouvé grâce au deuxième processus observable. Une introduction aux HMM est donnée dans (Rabiner, Juang, 1986). La méthode permet de calculer la probabilité qu'une chaîne donnée soit celle que l'on cherche, elle s'applique ainsi parfaitement à la résolution de notre problème puisque nous sommes en présence d'un processus observable, qui est le signal reçu par les accéléromètres et d'un autre processus inconnu qui est le mouvement effectué. Ainsi quand l'utilisateur effectue un mouvement, l'application attribue une probabilité à chaque mouvement préenregistré.

Nous nous sommes servis de la bibliothèque JAHMM pour implémenter les Chaînes de Markov Cachées, et l'application Android implémentée permet à l'opérateur de définir les échantillons témoins des gestes à reconnaître. Nous avons cherché à réduire ce nombre d'échantillons témoins tout en garantissant une reconnaissance fiable : le tableau suivant donne les résultats obtenus (plus de 100 tests ont été effectués dans chaque cas pour estimer les pourcentages de fiabilité).

pas d'échantillonnage	nb min de témoins, geste		fiabilité 1 témoin	fiabilité 30 témoins, geste	
	complexe	très compl.		complexe	très compl.
10 ms	>100	>100	-	-	-
15 ms	10	30	-	99%	80%
200 ms	1	1	80%	99%	99%

Par ailleurs, le temps d'entraînement de 30 témoins est supérieur à la minute pour un pas d'échantillonnage de 15 ms, mais devient inférieur à 10 secondes avec un pas de 200 ms.

## 3. Conclusion

Le filtre de Kalman hors-ligne des données des accéléromètres a permis d'obtenir des visualisations des mouvements reconnaissables par un être humain, mais difficilement exploitables pour une identification automatique. Cette visualisation permet néanmoins d'aider à choisir des mouvements suffisamment distinguables les uns des autres. Les Chaînes de Markov Cachées ont de leur côté permis de réaliser une reconnaissance automatique sur une plateforme Android.

Nous avons ainsi pu reconnaître des mouvements complexes sur un simple smartphone : la méthode est adaptative, reste rapide sur cette petite plateforme et offre une bonne fiabilité. Une étude à suivre consistera à voir si l'ajout du filtrage en ligne sur la plateforme Android permet d'aider les Chaînes de Markov Cachées et ainsi d'augmenter encore la fiabilité de la reconnaissance de mouvements.

## **Bibliographie**

Rabiner L. R., Juang B. H. (1986). An introduction to hidden markov models. *IEEE ASSp Magazine*.