

Résumé du premier chapitre

Dans une première partie de ce chapitre, nous situons les chaînes de Markov dans l'ensemble des processus stochastiques et nous présentons leurs éléments de base. La communication des états joue un rôle très important dans l'évolution du modèle. L'étude de son comportement revient à étudier l'évolution des chaînes de Markov irréductibles formées par les classes finales. La deuxième partie de ce chapitre est consacrée aux différentes techniques de perturbations singulières dans le cas des systèmes linéaires continus et discrets échantillonnés. Dans le cas des systèmes continus la modélisation est unique, tandis que dans le cas discret il existe plusieurs modélisations. Parmi les modélisations rencontrées en discret, celle de Phillips présente un caractère générique, avec des cas particuliers correspondant aux modélisations d'El Moudni et de Bennis.

Abstract of the first chapter

In a first part of this chapter, Markov chains are situated in the totality of stochastic process and their basic elements are presented. The communication of states plays an important role in the evolution of the model. The study of the Markov chain behavior rests on the study of irreducible Markov chains evolution, built up from final classes. The second part of this chapter is devoted to the different singular perturbation techniques for discrete and continuous linear systems. In the case of continuous systems the modeling is unique, while in the discrete case several methods may be performed: Phillips discrete modeling has a generic character with particular cases corresponding to El Moudni and Bennis techniques.

Résumé du deuxième chapitre

Dans de nombreuses situations pratiques, l'utilisation des chaînes de Markov se trouve limitée suite à la grande dimension du modèle. L'équation fondamentale d'une chaîne de Markov présente une structure similaire à celle de l'équation d'état d'un système dynamique discret. Ceci nous a permis d'adapter les techniques de perturbations singulières pour simplifier les chaînes de Markov de grande dimension. Pour cela, nous définissons tout d'abord la propriété de double échelle de temps d'une chaîne de Markov, en lui adaptant par la suite les différentes modélisations sous forme singulièrement perturbée. La résolution de la chaîne de Markov initiale est ainsi ramenée à la résolution de sa partie lente qui conserve les caractéristiques probabilistes du modèle. Parmi les méthodes des perturbations singulières étudiées, celle de Bennis est la mieux adaptée à la simplification des chaînes de Markov. Elle représente la seule méthode en discret capable de donner une stochasticité exacte du sous-système lent après le découplage. Ce résultat est dû à la structure particulière des chaînes de Markov à double échelle de temps, caractérisée par une très faible influence des états lents sur les rapides. L'utilisation des transformations homographiques conjointement aux perturbations singulières en continu donne des résultats satisfaisants relativement au système lent. La précision de cette partie ainsi que sa propriété de stochasticité sont les conséquences de la modélisation en continu, qui est unique, indépendamment des couplages entre les dynamiques du système.

Abstract of the second chapter

In several practical situations, a limitation of the Markov chains use may be observed due to the great dimension of the considered model. The fundamental equation of a Markov chain has a structure similar to that of the state equation of a discrete dynamic system. This allows us to adapt singular perturbation techniques to simplify the large scale Markov chains. For this purpose, the two time scale Markov chain property is reminded and then an accurate adaptation for different singular perturbation methods is introduced. The resolution of the system amounts thus to the resolution of its slow part that preserves probabilistic characteristics of the initial Markov chain. Among the studied singular perturbation methods, the most accurate for Markov chains reduction is the methods of Bennis. It represents the only discrete method able to give an exact stochasticity of the slow subsystem after the decoupling. This result is due to the particular structure of the two time scale Markov chains, characterized by a weak influence of the slow states on the fast ones. The use of homographic transformations jointly to continuous singular perturbations performs good results on the slow system. The precision of this part and its stochastic property are due to the continuous singularly perturbed modeling, which is unique, independently to the couplings between the system dynamics.

Résumé du troisième chapitre

Les probabilités d'état d'une chaîne de Markov ergodique tendent vers des valeurs finies non nulles. Lorsque ces valeurs limites peuvent être regroupées en deux ensembles de grandeurs différentes, il nous a paru intéressant d'introduire une technique de simplification basée sur la notion de pondération des probabilités. Dans ce sens, nous donnons une nouvelle définition concernant la propriété de double échelle de pondération et une méthode de découplage qui lui est associée. Celle-ci permet d'avoir deux sous-systèmes découplés : un sous-système à probabilités fortes et un sous-système à probabilités faibles. Les sous-systèmes fort et faible sont stochastiques et peuvent être résolus indépendamment. L'utilisation conjointe de la double échelle de pondération et la double échelle de temps pour la réduction des chaînes de Markov ergodiques a fait l'objet de la deuxième partie du chapitre. Nous avons ainsi développé une nouvelle méthode de réduction qui garde les états les plus significatifs du système, aussi bien en régime transitoire (les états lents) qu'en régime permanent (les états forts). Le système réduit représente une chaîne de Markov indépendante.

Abstract of the third chapter

The ergodic Markov chain state probabilities tend towards non null finite values. When these steady state values can be regrouped into two sets with different sizes, a simplification technique based on the notion of state probabilities weighting is introduced. In this sense, a new definition concerning the two weighting scale property is given together with an associated method of decoupling. Two decoupled subsystems are obtained: a subsystem with strong probabilities and a subsystem with weak probabilities, which are stochastic and may be resolved independently. The joint use of the two weighting-scales and the two time-scales for the ergodic Markov chains reduction represents the main subject of the second part of the chapter. A new method of reduction has thus been developed which keeps the most significant states of the system, in the transient regime (slow states) as well as in the steady state one (strong states). The reduced system is an independent Markov chain.

Résumé du quatrième chapitre

Les chaînes de Markov qui modélisent les systèmes aléatoires où des décisions doivent être prises ont généralement un paramètre de commande. Ce chapitre présente une extension des méthodes de simplification développées jusqu'à présent, dans le cas des chaînes de Markov à commande. Nous étudions la simplification du calcul de la commande des chaînes de Markov caractérisées par une formule fondamentale affine en la commande. Ce type de système fait partie des systèmes bilinéaires discrets, et présente un grand intérêt pratique. Une première classe de méthodes développées est obtenue par application des techniques de perturbations singulières. Par la suite, le sous système lent est ramené sous une forme bilinéaire et présente la propriété de stochasticité. De cette façon, le calcul de la commande optimale se fait uniquement sur cette partie du système. Les résultats de la partie lente sont réinjectés dans le système initial et donnent la commande optimale de la partie rapide. La deuxième classe de méthodes étudiées dans ce chapitre est le découplage en régime permanent. Elle correspond à l'existence de la propriété de double échelle de pondération de la chaîne de Markov à commande. Les sous-systèmes stochastiques fort et faible sont ramenés sous une forme bilinéaire après découplage. Le calcul de la commande optimale s'applique sur chaque sous-système séparément. Cette technique de découplage donne de bons résultats dans le cas des problèmes terminaux à horizon infini.

Abstract of the fourth chapter

Markov chains modeling random systems, where decisions shall be considered, have generally a control parameter. This chapter presents an extension of already developed reduction methods, for Markov decision processes simplification purpose. The class of bilinear Markov decision processes is studied, which present a great interest in practice. A first class of simplification methods is obtained by applying the singular perturbation techniques. Then, the slow sub-system is represented as a stochastic bilinear one. Thus, the optimal control is obtained only on this part of the system. The slow part results are re-injected in the initial system to obtain the optimal control of the fast part. The second class of methods studied in this chapter is the steady state decoupling. It corresponds to the existence of the two weighting scale property of the Markov decision process. After decoupling, the strong and weak stochastic subsystems are brought back to a bilinear form. The optimal control is obtained on each subsystem separately. This technique of decoupling performs interesting results in the case of terminal problems with infinite horizon.

Résumé du cinquième chapitre

Comme application à notre thèse, nous étudions le système de production hydro-énergétique Jura-Morvan, situé sur le cours de la rivière du Doubs en Franche-Comté. Dans le contexte actuel, le rôle d'un tel aménagement est double : énergétique et écologique. Nous proposons une modélisation de la gestion des ressources d'eau, dans le but de l'intégrer dans la commande du système hydro-énergétique. Pour exploiter de façon optimale les ressources d'eau de la rivière, nous imposons des contraintes d'ordre économique, concernant la minimisation des débits non productifs. La prise en compte du caractère aléatoire des apports d'eau exige l'introduction d'un modèle stochastique, d'où l'intérêt d'utiliser les chaînes de Markov. L'état du système est représenté par l'ensemble des volumes d'eau dans les retenues et la commande est donnée par les débits turbinés. Chaque barrage est ainsi modélisé à l'aide d'une chaîne de Markov à commande. La prise en compte de tous les états du système abouti à un modèle global de dimension très importante. Pour cela, nous utilisons les techniques de simplification développées dans le chapitre précédent. Le principe de la réduction en régime permanent fait appel à la propriété de double échelle de pondération des chaînes de Markov qui modélisent chaque barrage. Par conséquent, l'étude globale du système prend en considération uniquement les combinaisons d'états les plus probables. Ensuite nous simplifions le calcul de la commande optimale du modèle réduit, en utilisant les perturbations singulières.

Abstract of the fifth chapter

For illustration purpose, a study of the hydropower system Jura-Morvan, situated on the course of Doubs River in Franche-Comté is proposed. In the current context, the role of a such adjustment is double: energy and ecological. A modeling of water resource management is proposed in order to integrate it in the control of the hydropower system. To exploit in an optimal way the resources of water, economic constraints are imposed, concerning the minimization of the non productive debits. The taking into account of the random input of water requires the introduction of a stochastic model, and the use of Markov chains would be interesting. The state of the model is represented by the totality of volumes of water and the control is given by the water release through the turbines. Each dam is modeled by a Markov decision process. The taking into account of all states of the system leads thus to a large scale global model. For system reduction purpose, the simplification techniques developed in the preceding chapter are used. The reduction principle in steady state regime involves the two weighting scale property of Markov chains corresponding to each dam. Consequently, the global study of the system takes into consideration only the combinations of most probable states. Then singular perturbations are used for simplify the calculation of the reduced model optimal control.