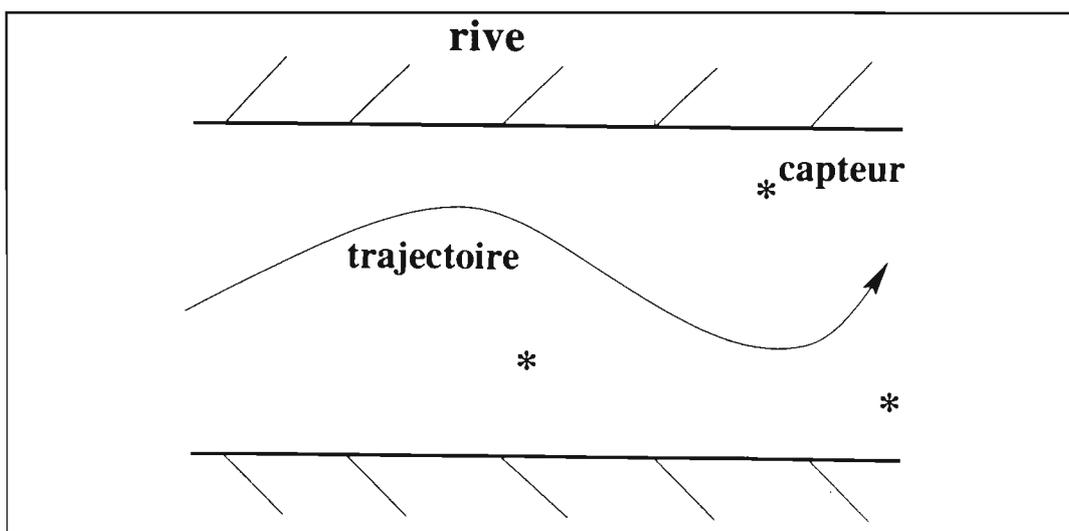


UNIVERSITE
DE TECHNOLOGIE
DE COMPIEGNE

Madame ACHELI née CHETTOUH

***Application de la méthode des sentinelles
à quelques problèmes inverses***

Thèse présentée
pour l'obtention du grade
de Docteur de l'UTC.



Soutenu le : 7 Juillet 1997
Spécialité : Contrôle des Systèmes

Table des matières

Remerciements	iii
Introduction générale	1
1 Méthode des sentinelles	5
1.1 Position du problème	5
1.1.1 Problème direct	6
1.1.2 Problème inverse	8
1.2 Théorie des sentinelles	9
1.2.1 Présentation de la méthode des sentinelles	9
1.2.2 Sentinelle discriminante	14
1.3 Sentinelle à sensibilité donnée	14
1.3.1 Construction d'une sentinelle w_i	15
1.3.2 Mise en œuvre directe	16
1.3.3 Mise en œuvre indirecte	17
1.4 Etat de l'art des applications de la méthode des sentinelles	18
1.4.1 Méthode basée sur le contrôle optimal	19
1.4.2 Méthode basée sur la résolution d'un système linéaire	19
2 Identification de la trajectoire d'une source de pollution	23
2.1 Position du problème	24
2.1.1 Problème linéarisé	26
2.1.2 Construction d'une sentinelle tangente	27
2.2 Résolution du problème direct	29
2.3 Résultats numériques	32
2.3.1 Identification de la trajectoire	32
2.3.2 Influence de la position des capteurs par rapport à l'allure de la trajectoire	37
3 Etude d'un modèle de la pharmacocinétique	41
3.1 Analyse du système	42
3.1.1 Etude du modèle	42
3.1.2 Equations du modèle	43
3.1.3 Existence et unicité de la solution	44
3.1.4 Stabilité de la solution	45

3.2	Identifiabilité	47
3.2.1	Définition	47
3.2.2	Etude des méthodes	48
3.3	Identifiabilité du système(3.1)	54
3.3.1	Identifiabilité globale basée sur l'algèbre différentielle	54
3.3.2	Identifiabilité basée sur le développement de Taylor	58
3.3.3	Identifiabilité à l'aide de deux expériences	59
3.4	Résolution de l'équation d'état	60
3.5	Sensibilité de la variable d'état par rapport aux paramètres	61
3.5.1	Etude de la sensibilité	62
3.5.2	Analyse de la sensibilité de la variable x_1 par rapport aux différents paramètres	63
4	Estimation des paramètres	73
4.1	Méthode des sentinelles	73
4.1.1	Calcul de B'	74
4.1.2	Résultats numériques	75
4.2	Etude des problèmes mal posés et méthodes de régularisation	83
4.2.1	Cas d'un opérateur linéaire	83
4.2.2	Cas d'un opérateur non linéaire	85
4.2.3	Résultats numériques	89
4.3	Présentation de la méthode itérative de Tikhonov	96
4.3.1	Algorithme	98
4.3.2	Résultats numériques	99
	Conclusion générale	103
	Bibliographie	105

RESUME EN FRANCAIS :

L'objectif de notre travail est l'application de la méthode des sentinelles pour résoudre deux problèmes inverses. Il s'agit d'estimer les paramètres de deux modèles donnés, à partir de mesures effectuées sur les processus. Le cadre étant non linéaire, l'estimation des paramètres s'effectue de manière itérative à l'aide de la méthode des sentinelles tangentes.

Le premier problème abordé concerne l'environnement dont les paramètres à estimer sont les coordonnées de la trajectoire d'une source de pollution dans une rivière. Le phénomène de pollution est modélisé par un système d'équations aux dérivées partielles.

Le second problème étudié, entre dans un cadre médical où le but est d'estimer les paramètres cinétiques dans une réaction enzymatique. Le modèle considéré est un système d'équations différentielles. Nous montrons tout d'abord l'existence et l'unicité de la solution de ce système, ensuite, nous étudions la stabilité de la solution à l'aide de la fonction de Lyapounov. Sous certaines hypothèses, nous montrons l'identifiabilité globale des paramètres basée sur l'algèbre différentielle et sur le développement de Taylor. Nous donnons aussi une étude détaillée de la sensibilité de l'observation par rapport aux paramètres du modèle.

Afin de vérifier l'efficacité de la méthode des sentinelles, nous la testons sur des données bruitées. Cette méthode est déficiente dès que le bruit sur les mesures devient important. Le problème inverse est dans ce cas mal posé dans le sens où une perturbation de la donnée entraîne une forte variation de la solution.

Parmi les techniques employées pour mieux conditionner le problème, la technique de régulation itérative de Gauss-Newton reste inefficace. Nous proposons alors une nouvelle approche de régularisation, appelée "méthode de régularisation itérative de Tikhonov". Des tests menés sur différents types d'expériences en pharmacocinétique, montrent que cette approche est robuste par rapport au bruit de mesure et permet une bonne identification des paramètres.

MOTS-CLES :

Problèmes inverses
Modèles non linéaires
Identification
Sensibilité

Méthode des sentinelles
Estimation des paramètres
Problèmes mal posés
Méthodes de régularisation