

**Rapport sur le manuscrit d'Habilitation à Diriger les Recherches en sciences
présentée à l'université de Montpellier II, spécialité mathématiques
par Frédéric MAZENC
novembre 2006**

Le titre du manuscrit est "Analyse de Stabilité et Commande de Systèmes non Linéaires". Dans la partie plus administrative qui précède la partie scientifique, F. Mazenc précise qu'il ne va présenter qu'une partie de ses contributions, pour ne pas surcharger le mémoire. En effet, la partie bibliographique montre que F. Mazenc a publié 34 articles dans les tout meilleurs journaux internationaux du domaine de l'automatique en général. C'est déjà très impressionnant.

La partie scientifique qui suit commence par des rappels concernant les systèmes dynamiques, leur stabilité, et ce qui va constituer l'ossature de presque tous les travaux qui suivent: les fonctions de Lyapounov, et leurs applications dans le feedforward et le backstepping. Pour moi qui ne suis pas très familier de ces techniques, j'aurai apprécié un rappel pédagogique des liens entre les fonctions de Lyapounov et ces deux techniques.

Le chapitre suivant (quatre) expose donc le premier résultat des recherches de F. Mazenc qui s'applique aux systèmes nonlinéaire autonome, et qui concerne un problème de stabilité asymptotique globale par retour dynamique de sortie dans une classe particulière de systèmes feedforward. Ce résultat permettra par exemple la stabilisation du "pendule-chariot" au chapitre 7. Dans la deuxième partie du chapitre, F. Mazenc construit des fonctions de Lyapunov strictes pour des systèmes asymptotiquement stables vérifiant des conditions de type LaSalle, donc quand on connaît des fonctions de Lyapounov non strictes.

Le chapitre cinq commence par un résultat de stabilisation par commande saturée pour un oscillateur ayant un retard (simple) dans l'entrée. Par exemple, il est montré que, alors que le système n'est pas stabilisable quand le retard est nul, il l'est pour des retards bien choisis. C'est un résultat intéressant (mais je me suis demandé pourquoi on trouvait



un retard de $-\pi/2$ dans le cas où x_1 est la seule sortie, et si c'était interprétable). Une seconde partie concerne la stabilisation asymptotique globale et exponentielle locale d'une famille de systèmes feedforward ayant un retard dans l'entrée (équation 5.23), puis une troisième partie la stabilisation asymptotique d'une famille de systèmes backstepping à retard (équation 5.70).

Le chapitre six concerne la construction de fonctions de Lyapunov strictes pour des systèmes non linéaires non autonomes pour lesquels sont connues des fonctions de Lyapunov non strictes; il est intéressant qu'un tel résultat, qui continue celui du chapitre précédent, soit vrai. Le second résultat concerne l'ajout d'intégrateur (backstepping) pour des systèmes non linéaires non autonomes pour lesquels des lois de commande bornées sont souhaitées, pour des raisons physiques claires. Un exemple est donné par un système de chaîne d'intégrateur avec deux entrées et des coefficients dépendant du temps.

Les chapitres suivants concernent les applications à des modèles physiques qui sont très variés. Le chapitre sept s'intéresse à la stabilisation asymptotique globale du système "pendule-chariot", avec pour variable de sortie les variables de position, et utilise les résultats du chapitre 4.

Le chapitre 8 utilise un modèle de congestion de réseau de type TCP et donne une fonctionnelle de Lyapunov stricte avec une borne garantissant que pour tout retard de taille inférieure à celle-ci, le système est globalement asymptotiquement stable, ce qui montre bien l'utilité de l'approche. Le modèle est par contre donné sans motivation, et donc peu intuitif pour moi qui ne connaît pas ce type de modélisation.

Le chapitre 9 donne des lois de stabilisation périodique pour stabiliser globalement le modèle d'un bateau (trois variables). Ce système ne vérifie pas les conditions nécessaires de stabilité du théorème de Brockett. Les théorèmes utilisent ceux du chapitre 6. C'est un beau résultat.

Enfin le chapitre 10, plus rapide, donne des applications à un modèle de bioréacteur. Il construit un observateur pour une entrée inconnue (la concentration qui arrive dans le bioréacteur) et couple cet observateur avec une loi de commande par une boucle de recirculation.

Le point commun de tous ces travaux est donc toujours relié aux fonctions de Lyapunov; F. Mazenc fait preuve d'une extrême habileté pour les construire ou les modifier pour les rendre plus robustes. Je pense que tous ses résultats ont le grand mérite d'être constructifs, c'est à dire qu'ils donnent des valeurs et des bornes pour la validité de tel théorème. Cela peut être très important pour des problèmes de robustesse. Il est aussi clair que F. Mazenc a une grande faculté pour appliquer (et étendre) ses résultats dans des domaines mathématiques nouveaux où ils ne l'étaient pas encore, passant par exemple aux systèmes à retard, non autonomes... La diversité des applications pratiques à des modèles différents est aussi très grande, puisque l'on passe des réseaux TCP au bioréacteur... Je



sais aussi qu'il a effectué d'autres travaux non recensés dans ce manuscrit dont la simple liste prend plus d'une page...

De plus, F. Mazenc a, comme il est dit plus haut, publié un nombre impressionnant de papiers dans les meilleures revues, a déjà co-encadré deux thèses, participé à des comités de programmes et de lectures pour des journaux, à des appels d'offres... Il a de nombreuses collaborations dans le monde entier, et a participé à un très grand nombre de conférences internationales.

Pour toutes ces raisons, je suis bien sûr très favorable à l'obtention par F. Mazenc de l'Habilitation à Diriger les Recherches de l'université de Montpellier II (mention mathématiques).

Jean-Luc Gouzé,
Directeur de Recherches INRIA,
projet COMORE
(Contrôle et Modélisation de Ressources Renouvelables)
INRIA Sophia-Antipolis