

Analyse non-linéaire de la dynamique du vol d'avions à réaction civils

Sébastien KOLB, Centre de Recherche de l'Ecole de l'air (CREA) - 13661 Salon Air

Dans cet exposé, on va traiter de certains problèmes liés à la dynamique du vol non-linéaire d'avions à réaction civils à savoir le modèle académique Bizjet [2] principalement. Pour cela, la théorie des bifurcations [1] va être utilisée afin d'exposer les résultats physiques dans un formalisme mathématique rigoureux. Des calculs concrets seront également réalisés à l'aide d'une toolbox dédiée.

Tout d'abord, suite à une *bifurcation fourche*, des sauts sont diagnostiqués pour des vols longitudinaux stabilisés et sont responsables de l'apparition soudaine d'une inclinaison ϕ non nulle pour une plage de gouvernes de profondeur δ_e comme cela est illustré figure 1. Il est alors également possible de circonscrire les conditions de vol dangereuses en calculant le lieu des points de bifurcations.

Par ailleurs, le *bassin d'attraction* vers un état d'équilibre à haute incidence est déterminé dans le cadre de l'étude du décrochage profond (de cet avion ayant un empennage en T). Cela permet d'identifier les conditions initiales menant à cette situation catastrophique et de se faire une idée également sur la dangerosité d'une configuration donnée.

Au bout du compte, l'intérêt de l'exploitation de la théorie des bifurcations pour le design concret d'un aéronef est bien explicité. Des exemples sont fournis qui permettent de relier la théorie mathématique (des bifurcations) et l'analyse de phases de vol.

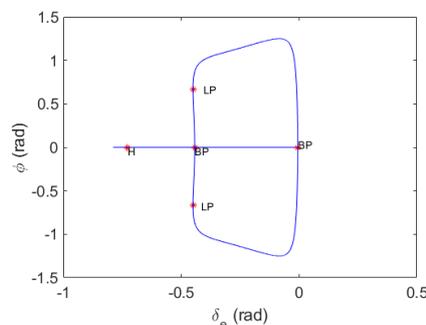


FIGURE 1 – Diagramme de bifurcation associé au vol longitudinal (inclinaison ϕ en fonction de la gouverne de profondeur δ_e pour une position fixée de la manette des gaz δ_x) présentant des bifurcations fourches (Branch Point BP).

Références

- [1] GUCKENHEIMER, J. & HOLMES, P. J., *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*, Springer Verlag, 2002.
- [2] STENGEL, R. F., *Flight Dynamics*, Princeton University Press, 2004.
- [3] GILL, S. J., LOWENBERG, M. H., NEILD, S. A., KRAUSKOPF, B., PUYOU, G & COETZEE, E., *Upset dynamics of an airliner model : a nonlinear bifurcation analysis*, Journal of Aircraft, vol 50 (6), 2013.