

---

## **Master thesis : Mathematical modelling of neuromodulation**

**Auteur :** Gillis, Thibault

**Promoteur(s) :** Drion, Guillaume

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil électricien, à finalité spécialisée en "electrical engineering"

**Année académique :** 2016-2017

**URI/URL :** Source code available at : [http://www.montefiore.ulg.ac.be/~guilldrion/TFE/Thibault Gillis - Source Code.zip](http://www.montefiore.ulg.ac.be/~guilldrion/TFE/Thibault_Gillis_Source_Code.zip); <http://hdl.handle.net/2268.2/2610>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# Development of a bifurcation identification interface applied to the analysis of neuronal excitability

**Section :** Master Ingénieur Civil en électricité (option électronique)

**Prénom et nom :** Gillis Thibault

**Année académique :** 2016-2017

**Promoteur :** Prof. Guillaume Drion

The main goal of this master thesis is to implement a novel, computationally efficient bifurcation numerical analysis interface for the study of neuron excitability. The proposed interface is entirely written in the Julia programming language. The method proposed as a solution to the bifurcation identification problem involves the use of well-known numerical non-linear system solving algorithms such as the bisection or Newton-Raphson methods. These algorithms are used to locate the bifurcations involved in the initiation of neuron spiking activity as a function of the excitatory current. Numerical differentiation methods are then used in order to determine local properties of the bifurcations of the systems through the computation of the system Jacobian matrix at the location of the stable equilibrium involved in the bifurcation.

A recent paper-motivated canonical neuron model is chosen as an example to which the interface can be applied as a proof of concept. This numerical analysis of the example model through rigorous identification of its bifurcations outputs results that highlight the importance of dynamical analysis of neuron models, i.e. analysis over a range of time-scale parameters, versus the more common static analysis of models through the visual inspection of their phase plane representation.

In particular, type II excitability is numerically identified for very strong time-scale separation at a location that is commonly identified to type I excitability through visual inspection. The growth of a type I excitability zone is subsequently observed in this region for increasing values of the time-scale coupling factor, therefore hinting at the fact that dynamical analysis of neuron models is required in order to determine their exact behaviour, as this behaviour may freely switch between type I and type II excitability according to the models time-related parameters.

The results obtained through the use of this interface on a two-dimensional motivate the need for extensive numerical analysis of original high-dimensional neuron models for various values of time-scale separation in order to reliably identify the bifurcation normal form that they can be reduced to.