

Master thesis : Implementation of heterosynaptic plasticity in biological neuron models and application in the context of allodynia

Auteur : Sautois, Nora

Promoteur(s) : Drion, Guillaume

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil biomédical, à finalité spécialisée

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/14394>

Avertissement à l'attention des usagers :

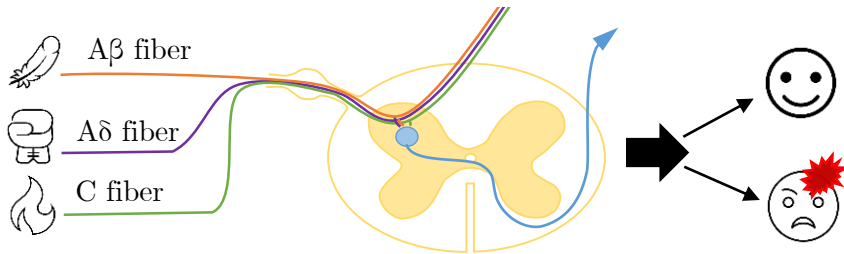
Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers 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.

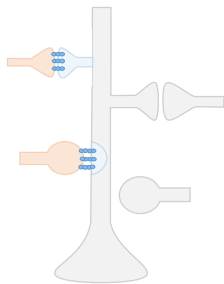
SUMMARY: STRUCTURE

PART I: Background

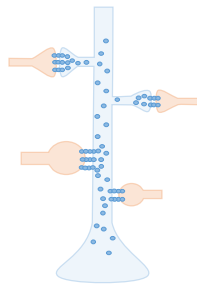
1. What is pain?
2. What is homosynaptic plasticity?
3. What is heterosynaptic plasticity?
4. Homosynaptic models
5. Heterosynaptic models



Homosynaptic plasticity



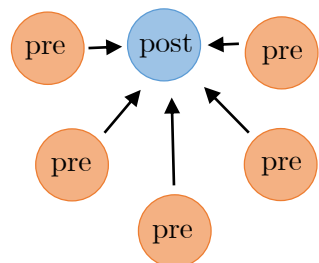
Heterosynaptic plasticity



Homosynaptic models



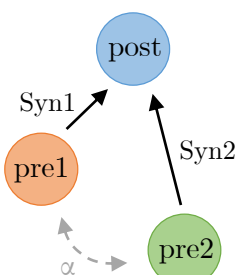
Heterosynaptic models



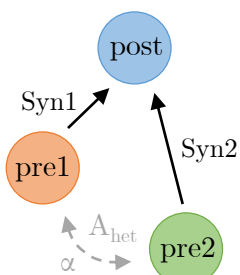
PART II: Computational study

1. Integration of heterosynaptic rules in existing homosynaptic models
2. Customization of our models to illustrate Allodynia

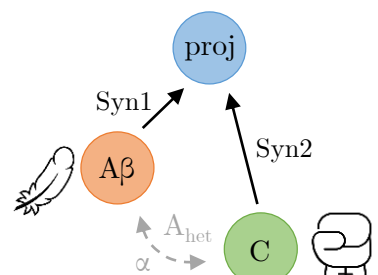
Adapted calcium-based model



Adapted pair-based model



Modelling of allodynia



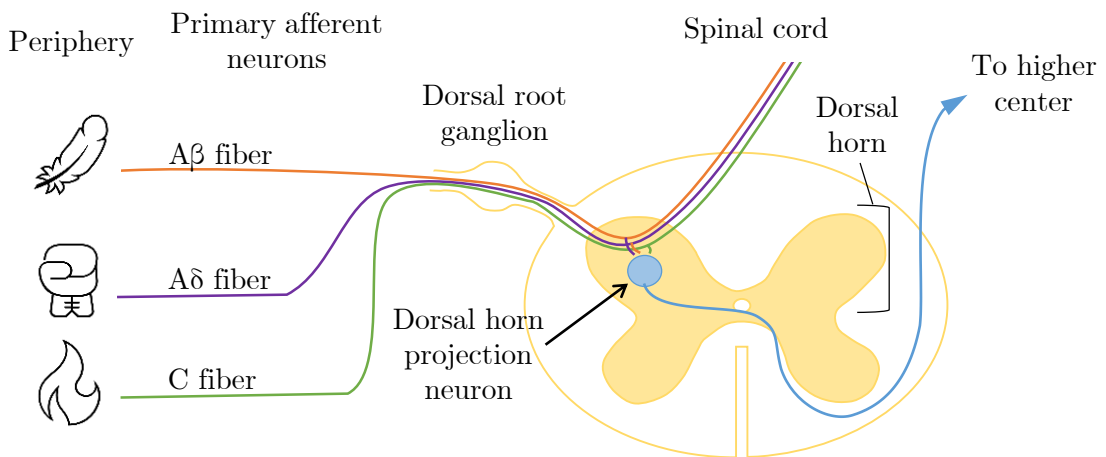
SUMMARY: PAIN

3 types of pain:

- Nociceptive pain
→ Protective
- Inflammatory pain
→ Protective
- Pathological pain
→ Maladaptive

Somatosensory system:

- Mechano-sensory system :
 - Detects touch
 - $A\alpha$ and $A\beta$ fibers
- Nociceptive system :
 - Detects pain and temperature
 - $A\delta$ and C fibers



Central sensitization (CS): Enhancement of excitability in somatosensory neurons in the dorsal horn

- *Wind up*
→ Short term plasticity
- *Activity-dependent CS*
→ Long term plasticity
- *Dorsal horn LTP*
→ Long term plasticity



Situation	Wound	Stimuli	Consequence	Area
Control			→	
Allodynia:			→	
Hyperalgesia:				
- Primary			→	
- Secondary			→	

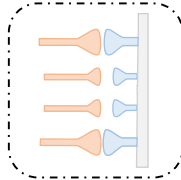
SUMMARY: SYNAPTIC PLASTICITY

Plasticity mechanisms

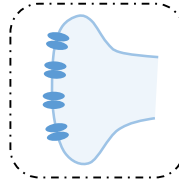
Neurotransmitters
release



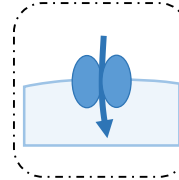
Synaptic contacts,
dendritic spine size



AMPAr



AMPA
efficiency

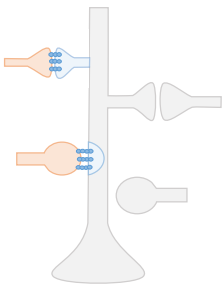


Gene
expression

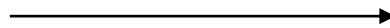
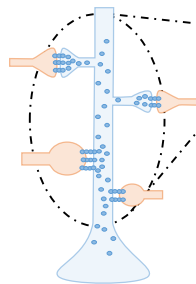


	Locus	Dominant mechanism	Consequences
Short term	Presynaptic	Vesicles depletion	Probability neurotransmitters release
		Calcium binding	
Long term	Presynaptic	Calcium	# neurotransmitters release
	Postsynaptic	Calcium cascade	# AMPAr
			AMPAr efficiency
		Kinase cascade	Gene expression
			Synaptic contacts and dendritic spines size

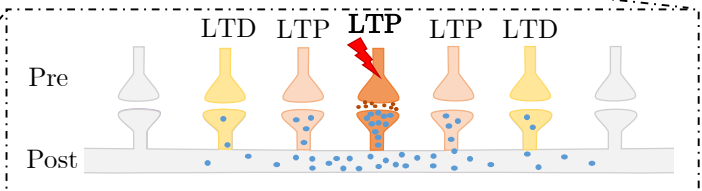
Homosynaptic
plasticity



Heterosynaptic
plasticity



Compensation
Facilitation
Cooperation



SUMMARY: RESULTS AND DISCUSSION

Calcium-based:

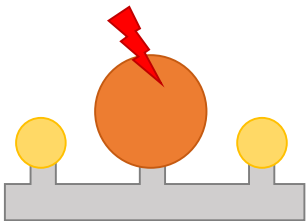
Protocol 3

Protocol 6

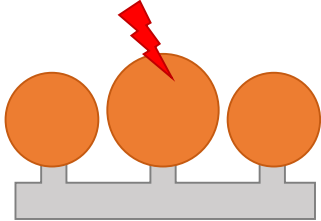
Pair-based
independent:

Protocol 4

Protocol 6



Homosynaptic LTP,
Heterosynaptic LTD



Homosynaptic LTP,
Heterosynaptic LTP

Calcium-based:

Protocol 3

Protocol 4

Protocol 6

Pair-based
(in)dependent:

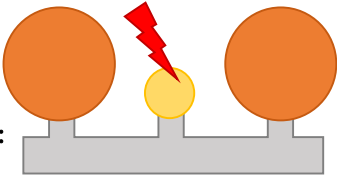
Protocol 4

Protocol 6

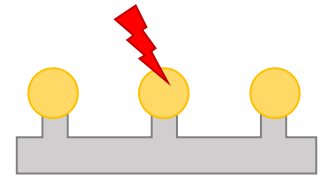
Calcium-based:
Protocol 6

Pair-based
(in)dependent:

Protocol 6



Homosynaptic LTD,
Heterosynaptic LTP

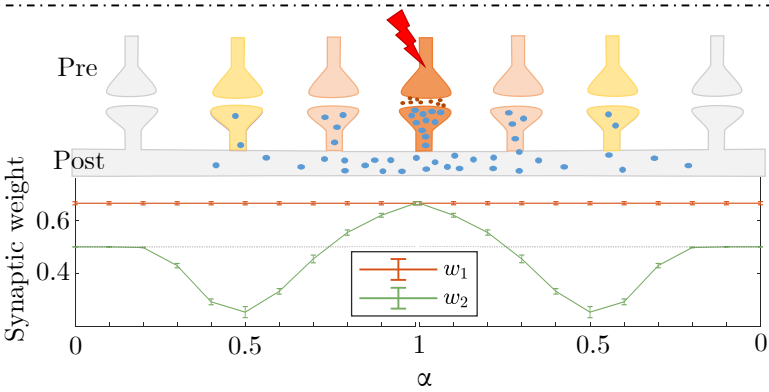


Homosynaptic LTD,
Heterosynaptic LTD

Calcium-based:
Protocol 6

Pair-based
(in)dependent:

Protocol 6



Calcium-based:
protocol 3

Strong LTP
Weak LTP

LTD
No modification

Calcium
Neurotransmitter

Stimulation

Calcium-based model:

$\alpha = 1.6, C_{\text{pre2}} = 1.5, I_{\text{syn1}} = 15, \text{frequency} = 10 \text{ Hz}$

