

Centre National de la Recherche Scientifique

Rapport d'activité scientifique

Laurent U PERRINET

Pour évaluation par les sections du Comité national



Équipe NEural OPERations in TOpographies (NeOpTo)
Institut de Neurosciences de la Timone
UMR 7289, CNRS / Aix-Marseille Université
27, Bd. Jean Moulin, 13385 Marseille Cedex 5, France
https://laurentperrinet.github.io/
Laurent.Perrinet@univ-amu.fr

16 Février 2022

Table des matières

1	Curriculum Vitæ	2
1.1	Présentation rapide	2
1.2	Diplômes & titres universitaires	2
1.3	Expérience scientifique professionnelle	3
2	Résumé de mon activité scientifique	5
3	Rapport d'activité	6
4	Transfert technologique, relations industrielles et valorisation	6
4.1	Contrats et collaborations	6
4.2	Encadrement, animation et management de la recherche	6
5	Productions scientifiques sélectionnées	6

1 Curriculum Vitæ

1.1 Présentation rapide

- 48 ans, né le 23 Février 1973 à Talence (Gironde, France).
- Directeur de Recherche (DR2, CNRS), Affiliation : Équipe NEural OPerations in TOpographies (NeOpTo) - Institut de Neurosciences de la Timone (UMR 7289, CNRS / Aix-Marseille Université)
 - Adresse : 27, Bd. Jean Moulin, 13385 Marseille Cedex 5, France
 - E-mail : <mailto:Laurent.Perrinet@univ-amu.fr>
 - Téléphone : 04 91 32 40 44
 - URL : <https://laurentperrinet.github.io/>

Résumé quantitatif des contributions

- 51 publications dans les revues avec comité de lecture (dont 4 en révision, 16 en premier auteur, 15 en dernier auteur), avec un total de 2916 citations, indice h= 26 et indice i10= 46¹,
- 120 publications dans des actes de congrès avec comité de lecture,
- 4 livres et 6 chapitres de livres,
- 53 conférences invitées (dont 19 dans des congrès internationaux),
- 3 thèses en cours de direction (Hugo Ladret, Jean-Nicolas Jérémie, Antoine Grimaldi) et 3 finalisées (Angelo Franciosini, Victor Boutin, Mina Khoei),
- 4 Post-docs dirigés (Wahiba Taouali, Nicole Voges, Alberto Vergani, 1 à venir),
- 4 thèses co-dirigées (A Gruel, Mansour Pour, JB Damasse, J. Kremkow),
- 1 contrat en PI local (150k€), 1 AAP (100k€), 3 bourses de thèse obtenues,
- 20 contrats en collaborateur (dont 12 ANRs).

1.2 Diplômes & titres universitaires

Habilitation à Diriger des Recherches, AMU, Marseille

2017

École Doctorale Sciences de la Vie et de la Santé, Aix-Marseille Université, France. Sous le titre “Codage prédictif dans les transformations visuo-motrices”, j’ai défendu mon Habilitation à Diriger des Recherches le 14 avril 2017.

Le jury était constitué des Prof. Laurent Madelain (Université Lille III), Dr. Alain Destexhe (Université Paris XI, Rapporteur), Prof. Gustavo Deco (Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Rapporteur), Dr. Guillaume Masson (Aix-Marseille Université), Dr. Viktor Jirsa (Aix-Marseille Université, Rapporteur) et du Prof. Jean-Louis Mege (Aix-Marseille Université).

Doctorat de Sciences cognitives ONERA/DTIM, Toulouse

1999-2003

Titre : *Comment déchiffrer le code impulsif de la Vision ? Étude du flux parallèle, asynchrone et épars dans le traitement visuel ultra-rapide*. Allocataire d’une bourse MENRT, accueil à l’ONERA/DTIM.

- Cette thèse a été initiée par les résultats de la collaboration pendant le stage de DEA. Elle a été dirigée par Manuel Samuelides (professeur à SUPAÉRO et chargé de recherche à l’ONERA/DTIM) et co-dirigée par Simon Thorpe (directeur de recherche au CERCo)
- Participation et présentations à de nombreux colloques internationaux (IJCNN99, NeuroColt00, CNS00, CNS01, LFTNC01, ESANN02, NSI02). Participation aux écoles d’été “EU Advanced Course in Computational Neuroscience” à Trieste (Italie) et “Telluride Neuromorphic Workshop” au Colorado (États-Unis).
- En parallèle, j’ai participé à l’organisation d’une conférence sur les réseaux de neurones dynamiques (DYN*2000). Je me suis aussi impliqué dans des activités d’enseignement (initiation à la programmation sous Matlab et théorie de la probabilité) pour des élèves de première et deuxième année d’école d’ingénieur (à

1. Au 16 Février 2022, cf. <https://scholar.google.com/citations?user=TVyUV38AAAAJ&hl=fr>

SUPAÉRO et à l'ENSICA, Toulouse) et des travaux dirigés de robotique (Traitement de l'image et reconnaissance d'objets au laboratoire d'Informatique et d'Automatique de SUPAÉRO).

- La thèse de doctorat a été soutenue le 7 février 2003 à l'université Paul Sabatier avec la mention "Très honorable avec les félicitations du jury". Le jury était présidé par Michel Imbert (Prof. Université P. Sabatier) et constitué par Yves Burnod (Directeur de recherche à l'INSERM U483) et Jeanny Hérault (Professeur à l'INPG, Grenoble).

DEA de Sciences cognitives	1998-1999
Univ. Paris VII, P. Sabatier, EHESS, Polytechnique, mention TB. Allocataire d'une bourse de DEA.	
— Assistant de recherche, ONERA/DTIM (Département de Traitement de l'Image et de Modélisation), Toulouse (stage de DEA).	3/1999-7/1999
— Étude de l'apprentissage de type Hebbien de réseaux de neurones basés sur un codage par rang.	
— Application à la reconnaissance de textures visuelles.	
— Assistant de recherche, USAFB (Rome, NY) / University of San Diego in California (États-Unis). Étude de l'apprentissage autonome dans un système complexe de type automate cellulaire.	7/1999-8/1999
Diplôme d'ingénieur SUPAÉRO, Toulouse, France.	1993-1998
Spécialisation dans le traitement du signal et de l'image et en particulier dans les techniques des réseaux de neurones artificiels.	
— Projets individuels sur la perception visuelle, la reconnaissance de locuteur, la compression de la parole et sur la reconnaissance de caractères.	
— Ingénieur ALCATEL, Vienne (Autriche). Département du <i>Voice Processing Systems</i> . Ce 'stage long' volontaire, intégré à une formation de SUPAÉRO sur les systèmes industriels, impliquait toutes les étapes de la conception d'un système de messagerie téléphonique de technologie élevée : conception, prototype, contrôle de qualité et étude marketing.	9/1995-6/1996
— Assistant de recherche, JET PROPULSION LABORATORY (NASA), Pasadena, Californie. Département des Sciences de la Terre, Laboratoire d'imagerie radar, INTERFÉROMÉTRIE RADAR SAR APPLIQUÉE À LA GÉOPHYSIQUE	4/1997-9/1997
— Programmation d'un processus de traitement d'images radar interférométriques SAR comprenant des corrections géographiques, une série de filtrages et un traitement d'interférométrie.	
— Étude et programmation d'un générateur de carte topographique.	
— Traitement des images obtenues pour surveiller la déformation de la croûte terrestre. Étude des tremblements de terre de Landers (Californie) et de Gulan (Chine).	
— Assistant de recherche, CERCo (CNRS, UMR5549), Toulouse (stage de fin d'études d'ingénieur). Développement d'un réseau de neurones asynchrone appliqué à la reconnaissance de caractères.	4/1998-9/1998
— Programmation du code du réseau de neurones asynchrones.	
— Étude et utilisation des statistiques non-paramétriques pour l'utilisation d'un code basé sur le rang d'activation des neurones.	
— Implantation d'une nouvelle règle d'apprentissage du réseau de neurones.	

1.3 Expérience scientifique professionnelle

Directeur de Recherche (DR2) (section CID51), INT/CNRS, Marseille	2020-...
Chargé de Recherche Classe Normale , INT/CNRS, Marseille	2019-2020
Au 1er janvier 2019, j'ai intégré l'équipe NeOpTo de Frédéric Chavane (DR, CNRS). J'implémente les modèles prédictifs dans des architectures bio-mimétiques.	

Chargé de Recherche grade 1 , INT/CNRS, Marseille	<i>2012-2019</i>
Au 1er janvier 2012, notre équipe a intégré l'Institut de Neurosciences de la Timone (UMR 7289, CNRS / Aix-Marseille Université) à Marseille (direction Guillaume Masson). J'ai approfondi les modèles en me concentrant sur un codage probabiliste distribué appliqué à la boucle sensori-motrice.	
Mission longue Karl Friston's theoretical neurobiology group (The Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, University College London, London, UK). Collaboration avec Karl Friston sur l'application de modèles d'énergie libre aux mouvements oculaires.	<i>10/2010-01/2012</i>
Chargé de Recherche grade 2 (section 7), INCM/CNRS, Marseille	<i>2004-2012</i>
Sous la conduite de Guillaume Masson à l'INCM à Marseille, j'ai étudié des modèles spatio-temporels d'inférence dans des scènes naturelles en application de la compréhension des mouvements oculaires.	
Post-doctorat , Redwood Neuroscience Institute (RNI), États-Unis	<i>2004</i>
Sous la conduite de Bruno Olshausen, j'ai comparé des modèles standards d'apprentissage avec une méthode originale centrée sur les potentiels d'action. Notamment, j'ai développé une méthode générique évaluant l'importance des processus homéostatiques dans l'apprentissage non-supervisé, qui a conduit à une publication dans le journal Neural Computation (référence A20-[Per10]). J'ai ensuite étendu ce modèle à l'apprentissage spatio-temporels dans des flux video.	

2 Résumé de mon activité scientifique

Mon objectif de recherche est d'étudier l'hypothèse selon laquelle on peut comprendre les liens entre la structure neurale, notamment l'arrangement topographique des neurones entre eux et la nature du signal nerveux, et la fonction des systèmes sensoriels comme l'optimisation de leur adaptation aux statistiques des scènes naturelles par des processus de type prédictif.

Plus précisément, je vise à étendre la compréhension des facultés sensorielles et cognitives sous la forme de modèles de réseaux de neurones impulsionnels qui réalisent de façon efficace des algorithmes de perception visuelle. En effet, les brèves impulsions du potentiel de membrane se propageant au fil des neurones sont une caractéristique universelle des systèmes nerveux et permettent de construire des modèles efficaces du traitement dynamique de l'information. Dans un but fonctionnel, je désire notamment implanter dans ces modèles des stratégies d'inférence grâce à des mécanismes d'apprentissage auto-organisés fixant les relations spatio-temporelles entre les neurones. Dans une démarche applicative, nous envisageons la création de nouveaux types d'algorithmes basés sur ces recherches.

Résumé des travaux antérieurs et de leur impact scientifique

Mes travaux de thèse dirigés par Simon Thorpe et Manuel Samuelides ont permis d'explorer dans un cadre mathématique de nouveaux paradigmes de codage neural de type impulsif pour des images statiques [PST04] et en particulier comment ceux-ci peuvent être appris [Per10]. Ceux-ci ont été étendus en collaboration avec Guillaume Masson à des modèles d'inférence statistique appliqués aux mouvements des yeux et à la boucle perception action [Sim+12]. Un cadre théorique précis a été élaboré, sous le patronage de Karl Friston, pour tenir compte de la présence de délais temporels [PAF14]. Actuellement, en collaboration avec Frédéric Chavane, j'étends des modèles dynamiques du traitement dynamique de scènes visuelles en mouvement [KMP17] dans des réseaux hiérarchiques [Bou+20; Fra+21]. Nous avons récemment mis en évidence le rôle de la précision dans ce traitement d'information [Lad+22] et qui nous permet de construire de nouveaux algorithmes neuromorphiques de type Spiking Neural Networks [Gri+22]. Une contribution de ces travaux est enfin d'apporter un regard nouveau sur la structure des réseaux neuraux, notamment dans les aires corticales visuelles [CPR22].

Mots clés

Perception, vision, détection du mouvement. Calcul parallèle événementiel, émergence dans les systèmes complexes, codage neural. Inférence Bayésienne, minimisation de l'énergie libre, statistiques des scènes naturelles.

3 Rapport d'activité

4 Transfert technologique, relations industrielles et valorisation

4.1 Contrats et collaborations

Au cours de 10 derniers semestres, j'ai eu l'occasion de collaborer sur plusieurs contrats de niveau national (ANR) et international (cf <https://laurentperrinet.github.io/#grants>) :

Actuellement, je suis impliqué dans les contrats suivants

- soit à titre d'investigateur principal :
 - ANR AgileNeuroBot (Co-ordinateur principal) : “Robots aériens agiles biomimétiques pour le vol en conditions réelles” (2021/2024)
 - APROVIS3D : “Aprovis3D : Event-Based Artificial Intelligence” (2019–2023, coordination globale du projet par Jean Martinet, université de Nice).
 - ANR PRIOSSENS (2021/2024) : “Modelling behavioural and neuronal data within the active inference framework” avec Anna Montagnini,
- soit à titre de collaborateur :
 - ANR ShootingStar (2021/2024) avec Frédéric Chavane,
 - ANR ACES (2021/2024) : “CAssignment of credit and constraints on eye movement learning” avec Anna Montagnini,
 - ANR RubinVase (2021/2024) avec Dario Prandi et Luca Calatroni.

Précédemment, j'ai eu l'occasion de collaborer sur les contrats suivants durant cette période :

- PhD DOC2AMU : An Excellence Fellowship, H2020 (Excellence Scientifique) : Actions Marie Skłodowska-Curie (IF, ITN, RISE, COFUND) (2016–2019)
- PhD ICN A grant from the Ph.D. program in Integrative and Clinical Neuroscience (PhD position, 2017 / 2021).
- SpikeAI : lauréat du Défi Biomimétisme (2019) “Algorithmes événementiels d'Intelligence Artificielle / Event-Based Artificial Intelligence” (2019).
- ANR Horizontal-V1 (2017–2021) : “Connectivité Horizontale et Prédiction de Cohérences dans l'Intégration de Contour” avec Yves Fregnac et Frédéric Chavane,

4.2 Encadrement, animation et management de la recherche

Depuis Janvier 2022, je suis nommé à la commission interdisciplinaire (CID) 51 : Modélisation mathématique, informatique et physique pour les sciences du vivant.

Outre ces responsabilités scientifiques, je participe à l'animation scientifique sous d'autres formes. Tout d'abord pour l'évaluation de la recherche par les chercheurs en tant que membre d'un comité éditorial ou en temps que relecteur. Je développe aussi des collaborations internationales et en même temps dans la vie sociale de l'organisme :

- Scientific reports (Nature group) Membre du comité éditorial
- Relecteur dans de nombreuses revues et conférences, voir <https://publons.com/author/1206845/laurent-u-perrinet#profile>
- Membre élu CLAS GLM de Marseille-Joseph Aiguier/Timone, responsable de la petite enfance.

5 Productions scientifiques sélectionnées

Références

- [1] Victor BOUTIN, Angelo FRANCIOSINI, Frédéric Y CHAVANE, Franck RUFFIER et Laurent U PERRINET. « Sparse Deep Predictive Coding captures contour integration capabilities of the early visual system ». In : *PLoS Computational Biology* (12 mai

- 2020). DOI : 10.1371/journal.pcbi.1008629. URL : <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008629> (cf. p. 5).
- [2] Frédéric CHAVANE, Laurent U PERRINET et James RANKIN. « Revisiting Horizontal Connectivity Rules in V1 : From like-to-like towards like-to-All ». In : *Brain Structure and Function* (5 fév. 2022). ISSN : 1863-2661. DOI : 10.1007/s00429-022-02455-4. URL : <https://doi.org/10.1007/s00429-022-02455-4> (visité le 06/02/2022) (cf. p. 5).
- [3] Angelo FRANCIOSINI, Victor BOUTIN, Frédéric Y CHAVANE et Laurent U PERRINET. « Pooling in a predictive model of V1 explains functional and structural diversity across species ». In : (21 avr. 2021). DOI : 10.1101/2021.04.19.440444. URL : <https://laurentperrinet.github.io/publication/franciosini-21> (cf. p. 5).
- [4] Antoine GRIMALDI, Victor BOUTIN, Sio-Hoi IENG, Ryad BENOSMAN et Laurent U PERRINET. « A Robust Event-Driven Approach to Always-on Object Recognition ». In : *TechRxiv preprint* (13 jan. 2022). DOI : 10.36227/techrxiv.18003077.v1. URL : https://www.techrxiv.org/articles/preprint/A_robust_event-driven_approach_to_always-on_object_recognition/18003077/1 (visité le 13/01/2022) (cf. p. 5).
- [5] Mina A KHOEI, Guillaume S MASSON et Laurent U PERRINET. « The flash-lag effect as a motion-based predictive shift ». In : *PLoS Computational Biology* 13.1 (26 jan. 2017), e1005068. DOI : 10.1371/journal.pcbi.1005068. URL : <https://laurentperrinet.github.io/publication/khoei-masson-perrinet-17/> (cf. p. 5).
- [6] Hugo LADRET, Nelson CORTES, Lamyae IKAN, Frédéric CHAVANE, Christian CASANOVA et Laurent U PERRINET. « Dynamical processing of orientation precision in the primary visual cortex ». In : *bioRxiv* (17 jan. 2022). DOI : 10.1101/2021.03.30.437692. eprint : <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.03.30.437692v4.full.pdf>. URL : <https://laurentperrinet.github.io/publication/ladret-22/> (cf. p. 5).
- [7] Laurent U PERRINET. « Role of homeostasis in learning sparse representations ». In : *Neural Computation* 22.7 (17 juill. 2010), p. 1812-36. ISSN : 1530-888X. DOI : 10.1162/neco.2010.05-08-795. URL : <https://arxiv.org/abs/0706.3177> (cf. p. 4, 5).
- [8] Laurent U PERRINET, Rick A ADAMS et Karl FRISTON. « Active inference, eye movements and oculomotor delays ». In : *Biological Cybernetics* 108.6 (16 déc. 2014), p. 777-801. ISSN : 1432-0770. DOI : 10.1007/s00422-014-0620-8. URL : <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00422-014-0620-8> (cf. p. 5).
- [9] Laurent U PERRINET, Manuel SAMUELIDES et Simon J THORPE. « Coding static natural images using spiking event times : do neurons cooperate? ». In : *IEEE Transactions on Neural Networks* 15.5 (sept. 2004). Special issue on 'Temporal Coding for Neural Information Processing', p. 1164-75. DOI : 10.1109/TNN.2004.833303. URL : <http://dx.doi.org/10.1109/TNN.2004.833303> (cf. p. 5).
- [10] Claudio SIMONCINI, Laurent U PERRINET, Anna MONTAGNINI, Pascal MAMASSIAN et Guillaume S MASSON. « More is not always better : dissociation between perception and action explained by adaptive gain control ». In : *Nature Neuroscience* (2012). DOI : 10.1038/nn.3229. URL : <http://www.nature.com/neuro/journal/vaop/ncurrent/full/nn.3229.html> (cf. p. 5).